Desenvolvimento de novas peças para assemblagem em Sistemas Modulares

Francisco Filipe Máximo Gonçalves Martins

Relatório do Projeto Final / Dissertação do MIEM

Orientador na 4Lean: Engenheira Clementina Dinis

Orientador na FEUP: Prof. José Duarte Marafona

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Junho 2014

Resumo

Os métodos de produção, ao longo do tempo, vêm sendo alterados em muitas indústrias de transformação, sendo implementados sistemas que limitam a existência de erros e desperdícios ao longo do percurso de produção. É o caso do Japão, onde tem surgido várias metodologias/filosofias que têm ajudado as empresas a ganharem maior flexibilidade na sua produção. Entre uma panóplia de filosofias surge a cultura *Lean*.

A cultura *Lean* surge como uma filosofia que tem como princípio envolver todos os colaboradores de uma empresa de forma a melhorar as operações através da eliminação/redução de desperdícios, isto é, redução das tarefas sem valor acrescentado para o cliente. Desta forma a empresa consegue reduzir custos de produção fácil e rapidamente.

Neste contexto, este trabalho teve como objectivo a criação de novas peças e melhoria da produção/qualidade de sistemas modulares da empresa 4Lean que, como o próprio nome indica, é uma empresa que se dedica à produção de componentes e estruturas que apoiam a criação e implementação de soluções *Lean.*

A marca 4Lean possui, entre outros, 3 sistemas que contribuem para uma diminuição do desperdício, o 4Lean System Plus, o 4Lean System e o Mini Wagon, todos eles modulares de modo a que a empresa dê uma resposta rápida aos diversos pedidos feitos pelos clientes, sendo que projectar estruturas do 4Lean System Plus ficou à minha responsabilidade assim como a criação e custeio de novas peças a serem usadas nesse sistema.

Abstract

Over time the methods of production have been altered in many manufacturing industries, being implemented systems which limit waste and errors along the line of production. It is the case of Japan, where it has been several methodologies / philosophies that have helped companies to gain greater flexibility in their production. Among a range of philosophies arises culture's Lean.

The culture Lean emerges as a philosophy whose principle involve all employees of a company, in order to improve operations through the elimination / reduction of waste, manely, reduction of non-value added tasks to the client. So with this, the company can reduce costs of production easily and quickly.

In this context, this work was aimed at creating new pieces and improvement of production/quality of modular systems in 4Lean company which is a company dedicated to the production of components and structures that support the creation and Lean implementation solutions.

4Lean brand has, among others, 3 systems that contribute to decrease the waste, 4Lean System Plus, the System 4Lean and Mini Wagon, all modular, to give a quick response to several requests made by client. Project structures 4Lean System PLus got to my responsibility as the creation and funding of new parts to be used in this system.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar à empresa 4Lean pela oportunidade de realizar este projeto nas suas instalações. Este estágio não seria tão proveitoso, nem tão enriquecedor se não fosse a ajuda e conveniência de um conjunto de pessoas a quem agradeço.

À Eng.ª Clementina Dinis por ser a minha orientadora na empresa.

Ao Eng.º Nuno Silva pelo conhecimento transmitido ao longo de estágio e pelas oportunidades que me proporcionou.

Ao Eng.º Hélder Farinha pelo auxílio prestado durante a realização deste estágio assim como pelos conhecimentos transmitidos.

Um especial agradecimento aos funcionários da linha de montagem e aos operadores de máquinas, cujo ajuda na detecção e resolução dos problemas foi fundamental. Tanto como no auxílio na percepção do funcionamento de linha de produção dos vários tipos de componentes como na linha de montagem das estruturas projetadas.

Ao meu orientador o Professor José Marafona pela sua disponibilidade e orientação durante o projecto.

Aos meus pais e à minha família pelo apoio durante os bons e os maus momentos e por todas as oportunidades que me proporcionaram.

E por último, à Susana Santos pela confiança e apoio incondicional o meu muito obrigado.

Índice

1. Introdução 7

1.1 Apresentação da 4Lean 7

1.1.1 Missão 8

1.1.2 Produtos 9

1.1.3 Estratégia 10

1.2 Caracterização e principais objectivos do projeto 11

1.3 Trabalho Desenvolvido na 4Lean 11

1.4 Organização do Relatório 12

2. Estado da Arte 13

2.1 Origem do *Lean Manufacturing* 13

2.2 Definição de *Lean* 14

2.3 Princípios *Lean* 15

2.3.1 Valor 15

2.3.2 Corrente de Valor 15

2.3.3 Fluxo de Valor 16

2.3.4 Sistema Pull Flow 16

2.3.5 Melhoria Contínua 17

2.4 Desperdícios 18

2.5 Ferramentas do *Lean Manufacturing* 19

2.5.1 5'S - Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke 20

2.5.2 Standard Work 22

2.5.3 SMED 23

2.5.4 Poka-Yoke (mecanismos anti-erro) 24

2.5.5 Gestão Visual 24

2.5.6 Diagramas de Spaghetti 25

2.5.7 Heijunka 26

2.5.8 Golden Zone 26
2.5.9 Make-to-Stock e Make-to-Order 27
2.6 Sistemas ERP 27
2.7 Soldadura 28
2.7.1 Soldadura Manual (MMA/SMAW) 29
2.8 Ciclo de Deming – PDCA 30
2.9 Kaizen Workshop 31
3. Desenvolvimento de Produtos 34
3.1 Fases do Desenvolvimento do Produto 34
3.1.1 Receção 34
3.1.2 Ideia 35
3.1.3 Protótipo 35
3.1.4 Teste 36
3.1.5 Divulgação 36
3.2 Processo Produtivo 36
4. Projetos desenvolvidos na 4Lean 39
4.1 Project Charter 39
4.2 Aplicar travão TC-2M 43
4.3 Soldadura 50
4.4 Kanban Board 52
4.5 Projeto de Novos Componentes 53
4.6 Novas Soluções – Projeto de uma Linha de Produção 55
4.7 Estrutura de montagem 4Lean System Plus 59
4.8 Custeio dos componentes com recurso ao Singest 61
4.9 28º BIEMH – Feira Internacional de Bilbao 66
5. Conclusões e perspectiva de trabalho futuro 67
5.1 Conclusões 67
5.2 Perspectivas de Trabalho Futuro 67

Bibliografia **69**

Anexo A : Folha de Receção **70**

Anexo B : TR- Tecnical Request **72**

Anexo C : Novos Componentes **73**

Índice ilustrações

Ilustração 1 - Planta 4Lean 8
Ilustração 2 - Quantidade de componentes produzidos na 4Lean 10
Ilustração 3 - Princípios Fundamentais *Lean* 15
Ilustração 4 – Sistema Pull Flow 17
Ilustração 5 - Melhoria contínua 17
Ilustração 6 - Efeito do stock na identificação de problemas produtivos 19
Ilustração 7 – Exemplo Ferramentas Lean Manufacturing 20
Ilustração 8 - 5'S 21
Ilustração 9 - Exemplo de aplicação dos 5's na 4Lean 22
Ilustração 10 -Exemplo Folha Standard Work 23
Ilustração 11 - Etapas SMED 23
Ilustração 12 - Exemplo Poka-Yoke 24
Ilustração 13 - Exemplo de um diagrama Spaghetti 25
Ilustração 14 - Exemplo de um Heijunka 26
Ilustração 15 - Golden Zone 26
Ilustração 16 - Estrutura de um ERP 28
Ilustração 17 - Soldadura MMA/SMAW 29
Ilustração 18 - Ciclo PDCA 30
Ilustração 19 - Folha de acções de melhoria - PDCA 32
Ilustração 20 – Sticker 35
Ilustração 21 – Colunas do quadro desenvolvimento do Produto 36
Ilustração 22 – Quinadeira 37
Ilustração 23 - Guilhotina e Puncionadora 37
Ilustração 24 - Serra de Fita 38
Ilustração 25 - Engenho de Furar 38
Ilustração 26 - Template Project Chart 39
Ilustração 27 – Stakeholders e Análise de riscos 40
Ilustração 28 - Chapa com 4 furações a 76mm 41
Ilustração 29 - Nova ferramenta para realização de 4 punções 42
Ilustração 30 - Travão de solo (TC-2M) 43
Ilustração 31 – Exemplo de aplicação do TC-2M em componentes dos cantos 44
Ilustração 32 - Exemplo da correta aplicação do TC-2M 44

Ilustração 33 - Componentes utilizados com o TC-2M 45
Ilustração 34 - Extrato da lista de subcomponentes do ERP com as respetivas quantidades de matéria-prima 45
Ilustração 35 - Extrato da lista de subcomponentes do ERP com as respetivas operações de produção 46
Ilustração 36 - Extrato do ficheiro ERP dos componentes com os respetivos subcomponentes46
Ilustração 37 - Extrato do ficheiro ERP dos componentes com informações dos custos de produção 47
Ilustração 38 - Exemplo da Ficha Técnica dos subcomponente..... 48
Ilustração 39 - Exemplo de uma Ficha Técnica de um Componente 49
Ilustração 40 - Exemplo de uma má aplicação de soldadura 50
Ilustração 41 - OPL de Soldadura 51
Ilustração 42- OPL Sequenciadores..... 53
Ilustração 43 - Quadro do Responsável da família 4Lean System PLus 55
Ilustração 44 - Soluções da Linha 58
Ilustração 45 - Dimensões da Linha de embalamento 59
Ilustração 46 - Estrutura de montagem 4Lean System Plus..... 60
Ilustração 47 - Sucata de tubos 60
Ilustração 48 - Pasta do Projeto 61
Ilustração 49 - Equação do comprimento do tubo 62
Ilustração 50 - Equações das dimensões das chapas 63
Ilustração 51 - Template da nova Listagem de material 63
Ilustração 52 - Componente 3D com o novo template da listagem de material 64
Ilustração 53 - Centro de Exposiçao Bilbao (BEC) 66

Índice Tabelas

Tabela 1- Comparação de Métodos de Produção 14
Tabela 2 - Quantidade Matéria-prima 2013 40
Tabela 3 - Percentagem Matéria-prima 4Lean System Plus 40
Tabela 4 - Percentagem de furos nas chapas 41
Tabela 5 - Família de Operações 52
Tabela 6 - Exemplo de alguns Componentes 54
Tabela 7 - Tabela de Operações de produção 65

Siglas

BD (Budget) - Orçamento

ERP -Enterprise Resource Planning

MTO – Make to order

MTS - Make to Stock

OPL – One point lesson

PDCA (Plan-Do-Check-Act) – Planear-Fazer-Analisar-Agir

SMED – Single Minute Exchange of Die

TR (Technical Request) - Pedido técnico

1. Introdução

Devido à crise financeira e à forte concorrência industrial, as empresas procuram otimizar os seus métodos de produção e melhorar seus serviços para se tornarem mais competitivas nos mercados e garantir a satisfação total do cliente.

Na tentativa de garantir essa satisfação e assegurar a sustentabilidade da organização, diversas empresas têm-se preocupado em reduzir desperdícios no chão da fábrica em vez de fazerem grandes investimentos a nível tecnológico, comercial ou técnico. Desta forma as empresas têm uma produção flexível de forma a conseguirem responder rapidamente às constantes mudanças dos mercados. Essas empresas têm-se tornado mais competitivas através da apreensão e aplicação de novas filosofias de trabalho, entre muitas, a filosofia *Lean*.

É com o cenário de base, anteriormente caracterizado, que será abordado e debatido um possível caminho, entre vários, para a melhoria de processos produtivos, desde desenho/projeto de novas peças a custeios, dos sistemas modulares de uma empresa que adotou a filosofia *Lean*.

1.1 Apresentação da 4Lean

A candidatura da 4Lean Lda, foi constituída a 30 de Março de 2010. A promotora desta candidatura encontra-se sedeada na freguesia de Mansores, Arouca, na Rua das Lameiradas n.112, ficando a cargo do Engenheiro Nuno Filipe Santos Silva a responsabilidade pela gerência.

Como o próprio nome indica, 4Lean é uma empresa que se dedica à criação e implementação de soluções *Lean,* isto é, cria produtos que ajudam a reduzir os desperdícios das empresas de forma a diminuir os custos da produção. A 4Lean constrói produtos que podem ser aplicados nas áreas dos postos de trabalhos, comboios logísticos, sistemas de gestão visual, supermercados, armazéns, logística externa e gestão *Lean*. Desta forma a marca 4*Lean* veio colmatar uma lacuna no mercado português de sistemas *Lean Manufacturing.* Oitenta por cento do *Lean Manufacturing* consiste em criar uma dinâmica de eliminação dos desperdícios e de maximização do valor acrescentado.

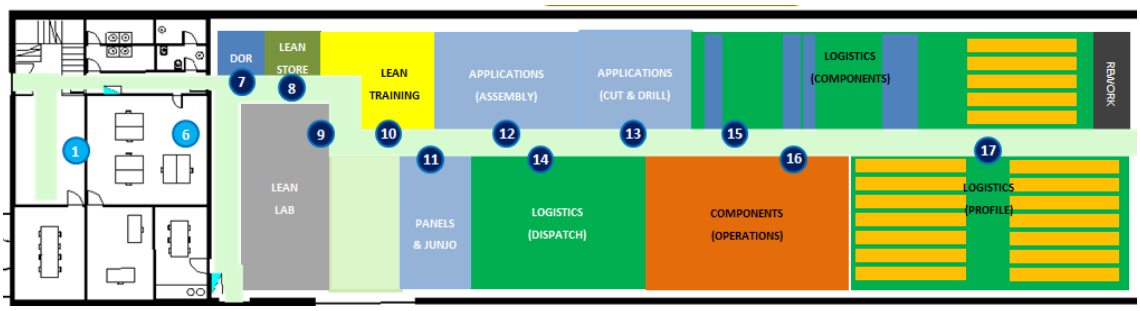


Ilustração 1 - Planta 4Lean

A 4Lean está dividida em duas zonas distintas, a zona dos escritórios (1 e 6) e a zona do chão da fábrica (7 a 17). A zona do chão da fábrica, que ocupa maioritariamente o espaço da empresa, é onde as peças são produzidas e testadas (9, 13 e 16), onde são montadas todas as estruturas produzidas (12) e onde é guardado todo o material (14, 15 e 17) necessário para a produção de estruturas.

Sendo esta empresa implementadora da filosofia Lean é de extrema importância o local 9 (Lean Lab) pois é neste local que se testam os novos componentes projetados, e se desenvolvem novas soluções *Lean.*

1.1.1 Missão

A 4Lean cedo se apercebeu que no mercado português não se encontravam produtos que pudessem ajudar as empresas a terem uma melhoria contínua da sua produção. Assim sendo, esta marca decidiu criar produtos *Lean*, nomeadamente construir e fornecer sistemas modulares de estruturas, comboios logísticos, sistemas de gestão visual, embalagens de plástico.

Esta marca começou por apostar em Portugal, marcando presenças em feiras portuguesas e criando um catálogo com os diferentes componentes usados em cada sistema produzido na empresa, no entanto, para que a empresa ganhasse mais competitividade, concluiu-se que a aposta deste tipo de produtos também deveria abranger mercados de outras nacionalidades. Esta aposta de abranger mercados estrangeiros, como por exemplo, Itália, Reino Unido, Espanha deve-se ao facto de o responsável da empresa ter residido nesses países e ter um conhecimento da sua língua e dos seus mercados. De realçar que a empresa hoje em dia exporta maioritariamente para Itália.

1.1.2 Produtos

A 4Lean comercializa principalmente estruturas de armazenamento e transporte, conhecidos por "racks". Estas estruturas são constituídas principalmente por tubos em aço, revestidos por um polímero amorfo, o Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) permitindo uma maior resistência ao impacto assim como um aumento da rigidez. É composto ainda por juntas, suportes, rolos e rodízios. Devido ao tipo de componentes, os "racks" podem ser convertidos em sistemas modulares, isto é, pode-se desenhar e projectar diferentes estruturas conforme as necessidades do cliente (carros, mesas, postos de trabalho, etc.). Estes sistemas podem ser utilizados em todo o tipo de Industria, indústria automóvel, civil, indústria de equipamentos, etc.

Os sistemas que pertencem à família 4*Lean System*, sendo extremamente flexíveis e fáceis de manusear são importantes para a aplicação do conceito *Lean,* pois permitem uma constante e dinâmica mudança no chão da empresa diminuindo desperdícios. Contudo se o cliente quiser uma estrutura mais robusta, carros para transporte de mercadorias ou comboios logísticos, construi-se uma estrutura com componentes do sistema 4*Lean System Plus*. Este tipo de sistema é constituído essencialmente por tubo de ferro galvanizado de perfil quadrado e ainda por componentes desenhados, projectados e testados dentro da empresa.

Para além destas duas grandes famílias, *4Lean System Plus* e *4Lean System,* a 4Lean também produz vagões em cantoneira pertencentes à família dos *Mini Wagon*, comercializa ainda caixas plásticas, sistemas de Gestão Visual e comboios logísticos.

A empresa também dá grande valor à formação constante em conceitos de gestão *Lean*, bem como à realização de conferências e de visitas periódicas de outras empresas às suas instalações, permitindo aos seus trabalhadores evoluírem nos seus conhecimentos e mostrarem o seu trabalho. Para além deste tipo de atividades a 4Lean também realiza periodicamente Kaizen Workshops.

1.1.3 Estratégia

A empresa para ganhar competitividade produz, cada vez mais, diversos componentes que por sua vez são constituídos por Sub-Componentes, desta forma consegue rapidamente responder às necessidades do mercado.

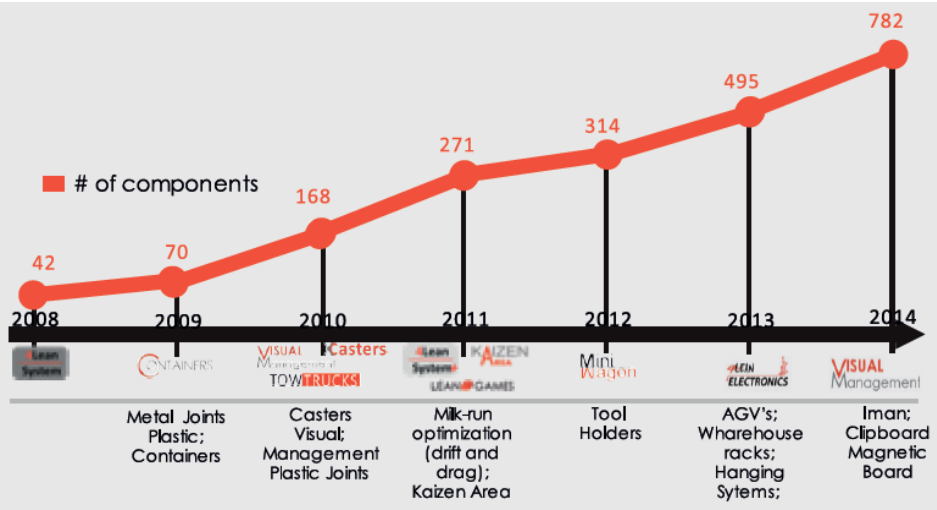


Ilustração 2 - Quantidade de componentes produzidos na 4Lean

Estes componentes como são de pequenas dimensões permitem a redução da dimensão dos supermercados intermédios nas secções operativas. Estes supermercados contêm cada vez menos peças que por sua vez ainda permitem uma maior redução das suas dimensões reduzindo desperdícios de deslocação de existências, transporte e esperas. Os supermercados geralmente são conhecidos como *Flow-racks.* Esta forma de actuar promove a redução dos ativos circulantes, isto é, redução dos capitais utilizados, aumento de tesouraria e melhora o retorno sobre investimento (ROI).

Neste momento, a empresa para se tornar ainda mais competitiva nos mercados está focada em investir na inovação e no desenvolvimento tecnológico. Desta forma pretende-se criar condições para expandir o mercado através da idealização de novas estruturas, processos e produtos.

A estratégia de distribuição com a aposta no aumento das vendas de produtos com marca própria de maior valor acrescentado para a empresa, e o alargamento a atividades para além da consultadoria como é o caso de desenvolvimento de soluções para a boa prática Lean personalizadas a cada cliente, traduz-se na procura constante em acrescentar valor à atividade da empresa, progredindo constantemente na sua cadeia de valor.

1.2 Caracterização e principais objectivos do projeto

O projecto de estágio, "Criação de novas peças para assemblagem em Sistemas Modulares", tem como principal objetivo o desenho/custeio de novas peças para sistemas modulares da empresa 4Lean, gerir a criação de novas peças, reduzir custos e aumentar produção do sistema 4*Lean System Plus*.

Este projecto está inserido no departamento de Aplicações, onde se desenha/projecta e custeia as novas peças conforme os pedidos dos clientes. No departamento das operações de componentes onde se produzem as peças projectadas e por fim no *Lean Lab* onde se testam os novos componentes e estruturas conforme os requisitos do cliente.

O primeiro passo para a execução deste projecto foi a pesquisa bibliográfica que foi extremamente importante para uma melhor compreensão da filosofia e do método de trabalho adoptado pela empresa.

O passo seguinte e numa fase inicial foi começar com o levantamento dos componentes usados na 4Lean principalmente no sistema de tubo quadrado, *4Lean System Plus.* Estudar que tipo de operações, soldadura, material é usado na produção de cada componente e os seus custos, desde os custos de mão-de-obra até aos custos matéria-prima.

Após este levantamento foi analisado onde se poderiam diminuir os custos e qual a melhor maneira para haver uma melhoria na produção/montagem de estruturas modulares. Este levantamento permitiu uma melhor compreensão das dimensões dos componentes produzidos de forma a ajudar na criação de novas peças sem retirar a modularidade a estes.

Na fase final foi feita a análise de resultados, documentação dos mesmos, criação de novos códigos para os novos componentes produzidos e custeios destes. Ao longo do projecto também foram criadas instruções de forma a facilitar a produção. Desta forma, com este tipo de instrução, o operador elimina a variabilidade, aumenta a produtividade, diminui o erro e normaliza as tarefas a executar.

1.3 Trabalho Desenvolvido na 4Lean

Um projecto deste tipo não seria possível se não tivesse havido um período de ambientação na empresa. Esta ambientação consistiu em passar por todos os departamentos da 4Lean, no sentido de compreender o funcionamento e interiorizar a filosofia de trabalho.

Numa fase inicial fez-se um Workshop de três dias onde aprendi como funciona o chão-da-fábrica mas sobretudo onde compreendi um pouco do que é a filosofia *Lean* e como uma empresa, em que são aplicados conceitos *Lean*, funciona.

Após os três dias comecei a "fase de ambientação" em que participei nas reuniões de planeamento do Departamento de Componentes e no Departamento de Aplicações. Estas reuniões foram realizadas, não só nesta fase do projecto mas ao longo de toda a duração do projecto permitindo saber que ações existiam em aberto e que ações se encontravam fechadas. Para além das reuniões também cataloguei os componentes produzidos na 4*Lean* de forma a conhecer a panóplia de componentes e sua funcionalidade.

De seguida, para colaborar diretamente e me tornar útil aos departamentos, foi necessária uma pequena formação para aprender um pouco acerca do software de desenho usado na empresa, o Alibre GeoMagic. Após formação neste programa foi-me possível ajudar os projetistas a realizar orçamentos assim como adquirir conhecimentos necessários para projetar novos componentes e os passos corretos para o desenvolvimento destes.

De frisar que ao longo do tempo em que estive na empresa fiquei responsável pela família 4Lean System Plus. Cada responsável das diversas famílias de produtos tinha como objetivo a redução de custos e o aumento do portfólio.

1.4 Organização do Relatório

A presente tese começa com a introdução no presente capítulo, onde foi apresentada a empresa onde decorreu o projeto, o enquadramento do projeto assim como os objetivos a atingir e a metodologia aplicada.

O segundo capítulo estrutura teoricamente todos os conceitos aplicados ao longo do projeto, com especial relevância para os conceitos usados na metodologia de trabalho da empresa.

No terceiro capítulo aborda o processo de desenvolvimento do produto, em que defino qual o caminho a percorrer para desenvolver um produto, desde a receção de um pedido à sua resposta final. O processo produtivo existente na empresa também é analisado evidenciando que tipo de operações são realizadas.

O quarto capítulo faz uma descrição do trabalho desenvolvido na empresa durante o projeto/estágio assim como os resultados obtidos.

Por último o quinto capítulo diz respeito às conclusões deste trabalho, em que abordo os principais resultados obtidos, assim como as perspetivas de trabalho futuro na 4Lean.

2. Estado da Arte

2.1 Origem do *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing é uma cultura de eliminação de perdas e otimização dos sistemas operativos que nasceu no chão de fábrica e está orientada para empresas industriais, onde o desperdício e as ineficiências são facilmente detetadas (Keyte & Locher, 2004).

Este termo apareceu pela primeira vez nos anos 90 com o resultado de um estudo em que compararam duas metodologias de produção, a produção em massa, existente nas empresas Europeias e Americanas, com uma produção flexível existente nas empresas japonesas, mais conhecido por *Toyota Production System* (Lean Thinking, 2003).

Como consequência da Segunda Guerra Mundial a economia japonesa entra em rutura e muitas empresas começaram a sentir grandes dificuldades para sobreviver num mercado que se encontrava em recessão. Contudo face a estas adversidades, dois senhores, Taiichi Ohno e o seu colega da Toyota, Shigeo Shingo, usando conceitos introduzidos por Henry Ford e adaptando esses conceitos à realidade do Japão desenvolveram um sistema produtivo onde pretendiam eliminar desperdícios otimizando os recursos que a empresa usava (Lean Thinking, 2003).

Este novo sistema produtivo viria a ser de grande importância para a indústria automóvel pois introduziu três conceitos revolucionários:

- Máquinas Multiusos: todas as máquinas passaram a executar diferentes trabalhos com uma mudança rápida de ferramenta;
- Especialização dos operadores: os operadores deixam de ser considerados como simples força trabalhadora para passarem a ter um papel importante na melhoria contínua dos processos de produção;
- Sistema *Pull*: com este sistema o cliente é que manda e os produtos são feitos conforme as necessidades dos mercados.

	Produção em Massa (Método Ford)	**Produção em Lean** (Método Toyota)
Projectistas	Profissionais pouco classificados	Equipas multidisciplinares
Operadores	Operadores pouco classificados	Equipas multidisciplinares
Equipamento	Caro e realiza apenas uma tarefa	Barato e capaz de realizar várias tarefas
Método de Produção	Grandes quantidades de produto standard	Produtos à medida do cliente
Filosofia	Atingir o suficientemente bom	Atingir a perfeição

Tabela 1- Comparação de Métodos de Produção

Com o passar do tempo, os princípios, metodologias e ferramentas implementadas na Toyota foram amadurecendo, assim como a forma de abordagem no chão da fábrica, dando origem a metodologia *Lean Manufacturing.*

2.2 Definição de *Lean*

Lean pode ser definido como sendo "um conjunto de princípios, práticas, ferramentas e/ou técnicas projectadas para combater o baixo desempenho operacional. É uma abordagem sistemática para eliminar perdas de toda a cadeia de valor de uma empresa, de forma a aproximar o desempenho actual aos requisitos dos clientes e acionistas." (Drew et all 2004). Ou seja, o objectivo principal desta filosofia assenta principalmente na eliminação de tudo o que não acrescenta valor ao produto final. Desta forma pretende-se minimizar custos, tempos de entrega, aumentar a produção e qualidade do produto.

Nesta definição está implícita a ideia de que o *Lean* tenta melhorar todo o processo produtivo e não apenas parte deste, assim são reduzidos desperdícios desde a gestão e planeamento até à entrega do produto.

Esta filosofia assenta principalmente em cinco princípios: Valor, Cadeia de Valor, Optimização Fluxo, Sistema Pull Flow, Melhoria Continua.

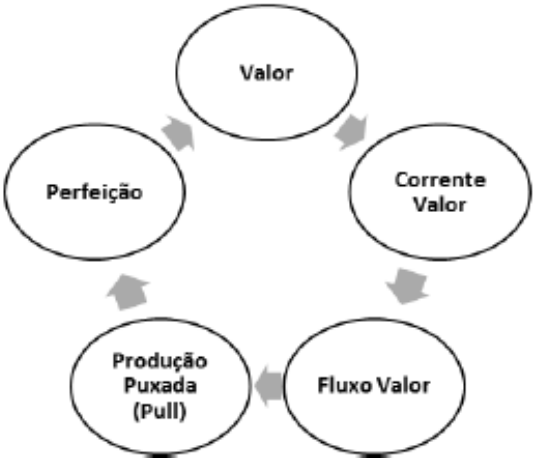


Ilustração 3 - Princípios Fundamentais *Lean*

2.3 Princípios *Lean*

2.3.1 Valor

Um produto só tem valor se conseguir responder às necessidades do cliente e se tiver todas as características específicas pedidas por este. A falta de compreensão do pedido do cliente leva à produção de um produto defeituoso, que não cumpre os requisitos, o que vai representar um desperdício para a empresa.

2.3.2 Corrente de Valor

Por detrás da criação de um produto existem cadeias de atividades que são de extrema importância para a sua execução, assim um bom planeamento é necessário desde a conceção do produto até à sua comercialização. Este planeamento acrescenta valor a esse produto para o cliente e consequentemente acrescenta valor para os gerentes/acionistas. Para uma empresa é importante identificar e dissecar todo o processo evolutivo do produto de modo a perceber quais as actividades da empresa que acrescentam ao produto algo que o cliente valorize, e quais aquelas que são um autêntico desperdício.

Normalmente, as cadeias de actividades são agrupadas em 3 categorias:

- Atividade de Criação de Valor – Todas aquelas actividades que ajudam a matéria-prima a ser transformada no produto final pretendido. É com este tipo de atividades que o produto ganha o seu valor comercial

- Desperdício Tipo 1 – Actividades que não acrescentam valor ao produto final, contudo é essencial para que o produto seja concretizado (transporte da matéria prima, embalamento, limpeza etc.). Normalmente nesta categoria estão inseridas todas as tarefas que não podem ser substituídas por processos tecnológicos ou mecanismos dependentes da empresa.

- Desperdício Tipo 2 – são todas aquelas atividades que podem ser eliminadas ou que o seu valor pode ser diminuído na corrente de valor. Neste grupo encontramos os 7*mudas* (Sobreprodução, Espera, Transporte, Movimento, Processo, Stock, Defeitos).

2.3.3 Fluxo de Valor

Através da realização da cadeia de tarefas de uma forma contínua é possível aumentar o valor de um produto. Com esta otimização o fluxo torna-se o mais fluido possível, permitindo identificar erros na execução do produto assim como aumentar a produção de uma determinada célula.

2.3.4 Sistema Pull Flow

A produção deve fazer-se com base num sistema *pull,* isto é, produzir apenas o que o cliente pedir. Assim, a venda de um produto funciona como um pedido para se repor o stock. Este sistema permitiu o abandono do sistema *push flow,* trazendo algumas vantagens:

- Menor dependência de inventários;
- Produção de pequenos lotes – redução de stocks de produtos finais e intermédios;
- Boa sincronização ao longo da cadeia de valor;
- Lead Times mais reduzidos;
- Fluxo de produção e informação mais contínuos.

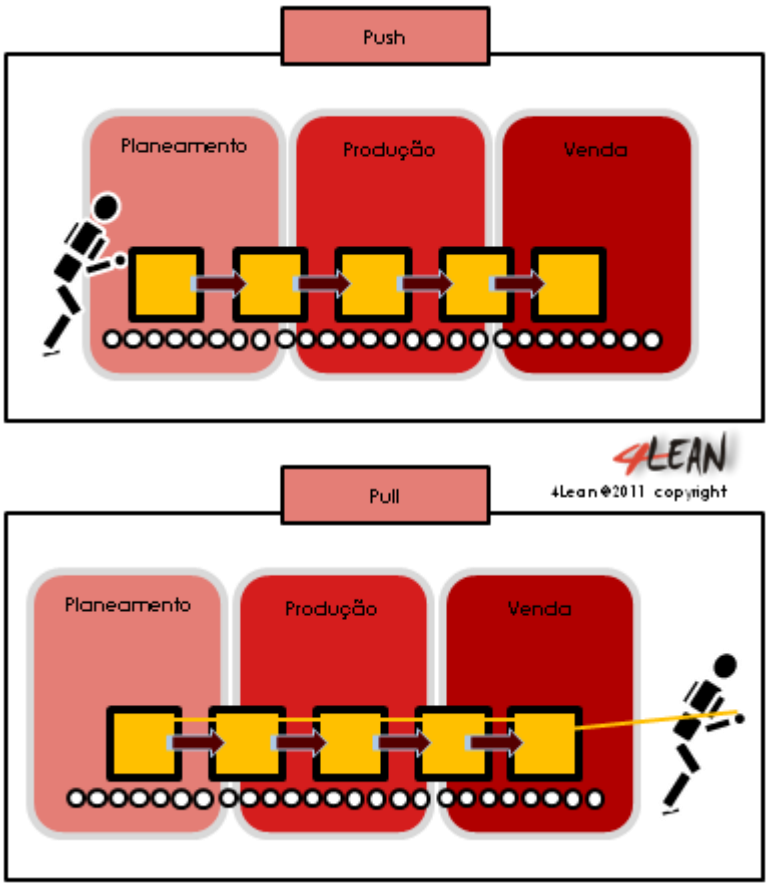


Ilustração 4 – Sistema Pull Flow

2.3.5 Melhoria Contínua

Este princípio foi adoptado da filosofia *Kaisen*. Segundo esta filosofia a perfeição nunca se atinge contudo é sempre possível melhorar a situação atual, devendo toda a estrutura da empresa estar envolvida na procura de novas formas de inovar/melhorar (Womack & Jones, 2003).

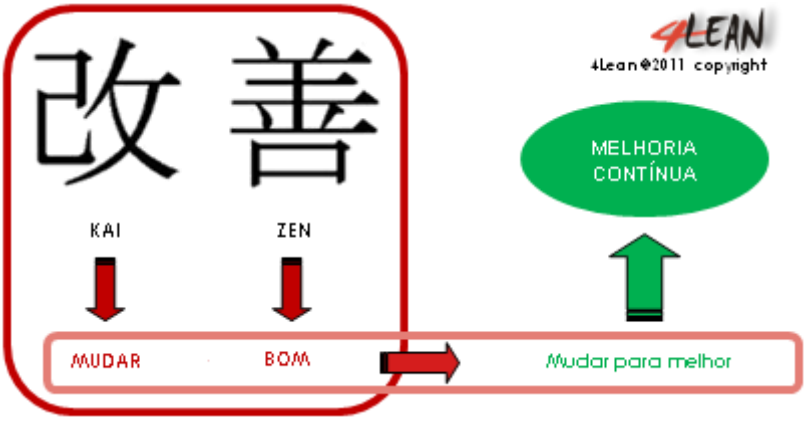


Ilustração 5 - Melhoria contínua

2.4 Desperdícios

No Japão, geralmente são considerados três tipos de desperdícios, mais conhecidos como os três Mu's:

- *Muri* (sobrecarga) - quando se produz mais do que o volume de vendas da empresa. Este tipo de desperdício vai contra o sistema pull o que leva a gastos desnecessários.

- *Mura* (variabilidade) – Este tipo de desperdício é causado devido à existência de um fluxo irregular.

- *Muda* (desperdício) - Segundo Fujio Cho, desperdício – Muda, é "tudo o que está para além da quantidade mínima de equipamento, materiais, peças, espaço e mão-de-obra, estritamente essenciais para acrescentar valor ao produto" (Suzaki, 2010). Ou seja, é tudo o que acrescenta custos e não acrescenta qualquer valor ao produto. Assim, Ohno considerou haver sete tipos de desperdicio no chão da fábrica, sendo estes:

- Sobreprodução – Quando existe uma produção maior do que a necessária. Este tipo de Muda vai contra o sistema pull aumentando os custos de armazenamento e de matéria-prima. A sobreprodução cria problemas adicionais e oculta a verdadeira causa dos problemas.

- Espera – Este tipo de Muda é facil de identicar e ocorre geralmente quando as operações não estão sincronizadas. Isto provoca atrasos que levam a uma diminuição da produtividade.

- Transporte – Este tipo de desperdício tem origem nos movimentos de componentes dentro das instalações ou entre instalações.

- Processo – Acontece quando se efetua mais passos do que os neccessários para a produção de um determinado produto. Neste tipo de desperdÍcio está inserido o embalar/desembalar, a zincagem bem como as perdas associadas a equipamentos necessários para a produção dos componentes.

- Stock – Qualquer tipo de stock ocupa espaço assim como obriga a empresa a gastos desnecessários. Manter um stock com lotes pequenos é necessário pois desta forma os defeitos tornam-se mais visíveis e faceis de identicar.

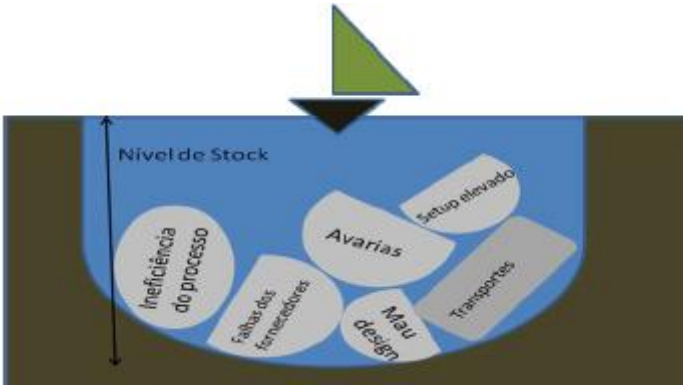


Ilustração 6 - Efeito do stock na identificação de problemas produtivos

- Movimento – São considerados todos os movimentos que não acrescentam valor ao processo e aumentam o tempo de execução de uma tarefa. Um exemplo muito comum é o tempo que se perde a caminhar pelo chão da fábrica, que pode não parecer significativo para a execução de uma tarefa mas que repetido com frequência é relevante.

- Defeitos – Neste tipo de desperdício estão incluídos não só os defeitos como o retrabalho pois estes erros consomem mais material do que é necessário assim como tempo. Por vezes este desperdício é minimizado com a utilização de *poke-yokes*.

Em suma, reduzindo a *Muda* consegue-se reduzir custos de produção, reduzindo a *Muri e Mura* consegue-se aumentar a qualidade dos produtos assim como otimizar o tempo de entrega ao cliente.

2.5 Ferramentas do *Lean Manufacturing*

Este tipo de metodologia utiliza diversas ferramentas assim como métodos que são uma mais-valia para a eliminação dos desperdícios, aumentando a eficiência dos sistemas produtivos e a redução de custos.

Ilustração 7 – Exemplo Ferramentas Lean Manufacturing

Existindo uma grande panóplia de ferramentas e métodos, as empresas podem escolher quais as que precisam de usar conforme as suas necessidades. Muitas das ferramentas resumidas em seguida são usadas na 4Lean, quer a nível da área de produção quer a nível da área de logística.

2.5.1 5'S - Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke

Os 5'S é uma metodologia que tem como função criar e manter uma área de trabalho organizada e livre de desperdícios. Os 5'S têm este nome pois é um método com cinco passos e são o significado das seguintes palavras japonesas: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu* e *Shitsuke*.

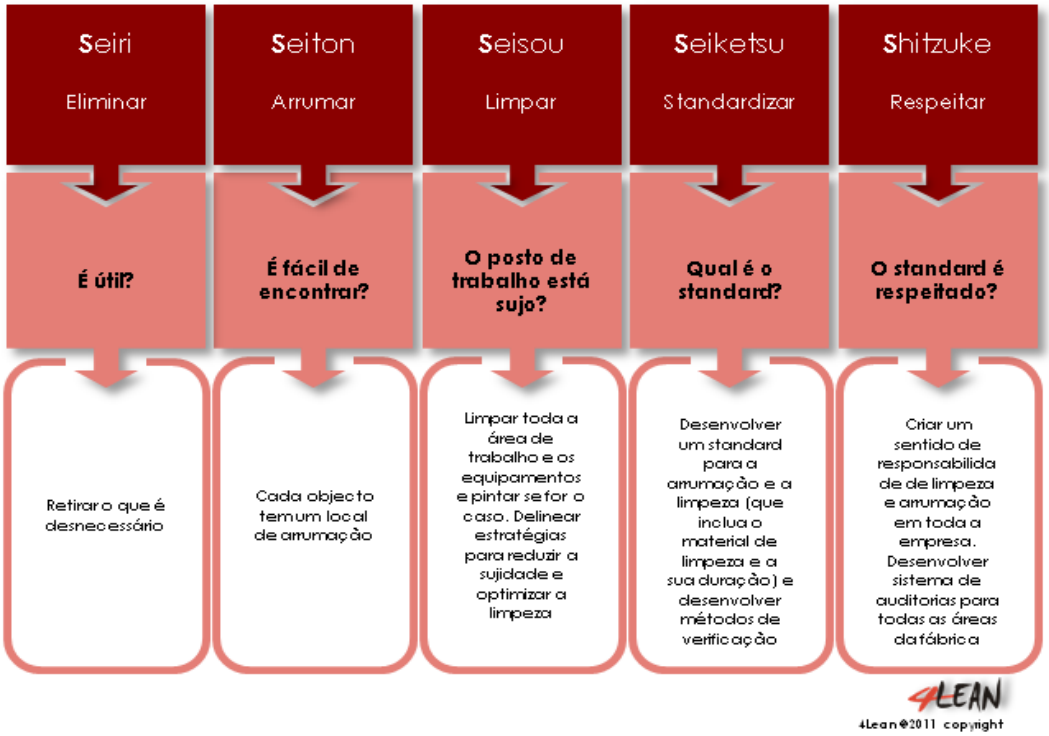


Ilustração 8 - 5'S

Seiri, que traduzido quer dizer eliminar, envolve principalmente atividades de triagem de material de forma a organizar o local de trabalho apenas com o material e as ferramentas necessárias para a execução das tarefas estipuladas.

Seiton, arrumar, tem como objetivo simplificar e organizar o local de trabalho. Cada objeto tem o seu próprio lugar, é etiquetado e colocado em stock de fácil localização. Para complementar este passo geralmente usa-se a ferramenta *Visual Management*.

Seiso, limpeza, este passo tem como principais objetivos, manter o local de trabalho limpo e realizar a manutenção necessária para que o equipamento funcione em boas condições.

Seiketsu, standardizar, padronizar as boas práticas de trabalho e a organização do espaço, ou seja, criar medidas e regras para manter os três S's anteriores.

Shitsuke, respeitar, é necessário criar um sentido de responsabilidade de limpeza e arrumação em toda a empresa. É necessário mostrar que não se trata de uma simples limpeza mas sim uma ação que traz inúmeras vantagens:

- Retira material em excesso (elimina os desperdícios de stock);
- Reduz as deslocações dos pickings (deslocações para ir buscar a matéria prima);
- Reduz erros de trabalho, menos defeitos;
- Maior rapidez no acesso a ferramentas.

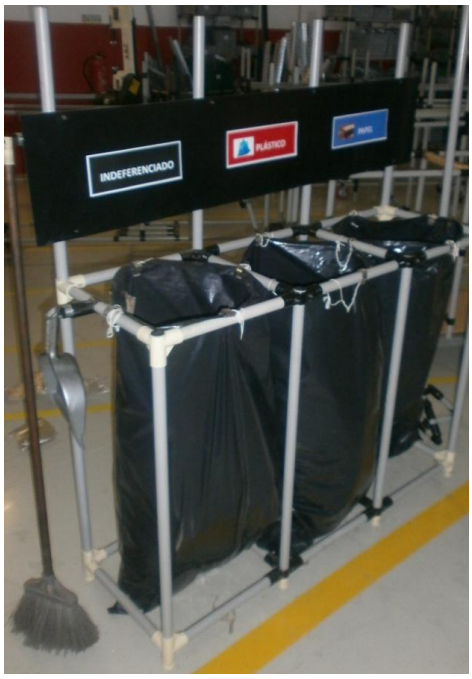


Ilustração 9 - Exemplo de aplicação dos 5's na 4Lean

2.5.2 Standard Work

"O standard work, numa fábrica, é como a pauta de cada músico." (Suzaki , 2010).

Como o próprio nome indica, "standard Work", é um trabalho padrão que consiste em estabelecer procedimentos standards para cada tipo de operação e para cada operador. Neste tipo de ferramenta são registadas, o tempo de ciclo, as sequências das tarefas ou a quantidade de peças para stock. Este deve ser desenvolvido de forma perceptível para que qualquer pessoa consiga entender essas instruções.

A ideia principal do standard work consiste não só em promover o envolvimento dos operários e supervisores no processo de desenvolvimento de um produto como reduzir a variabilidade das operações, o tempo de treino de novos operários, os acidentes de trabalho e desta forma ter uma base para melhoria contínua.

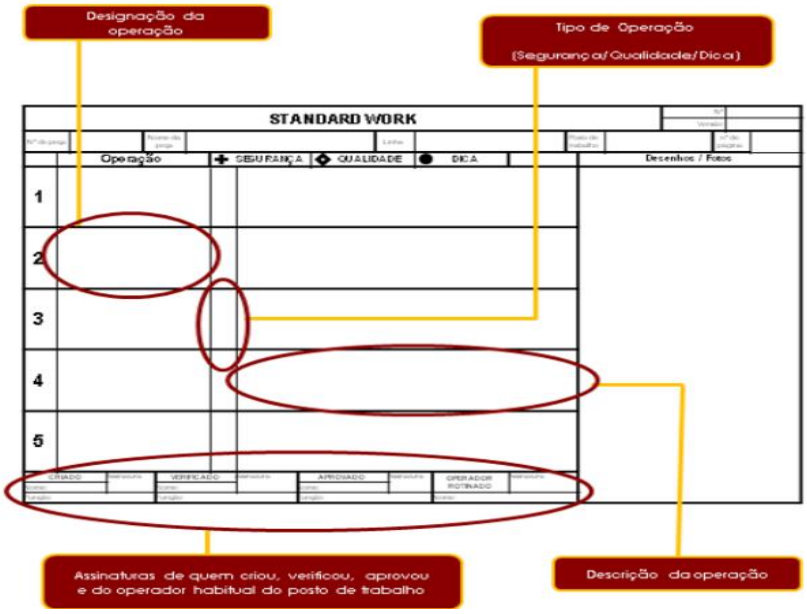


Ilustração 10 -Exemplo Folha Standard Work

2.5.3 SMED

A ferramenta SMED é usada para a análise e redução de tempos de Setup de uma determinada máquina. Com esta ferramenta pretende-se que o tempo de um Setup tenha apenas um dígito. Apesar de, na maioria, alguns Setup's não serem realizados abaixo de dez minutos, este tipo de abordagem vai forçar a redução destes obtendo melhorias no tempo de produção.

Este tipo de abordagem divide a operação de Setup em duas categorias distintas:

- Setup Interno: consiste em todas as actividades que só são realizadas com as máquinas paradas, como por exemplo a montagem ou desmontagem de ferramentas
- Setup Externo: todas as actividades que são realizadas com as máquinas em funcionamento, como por exemplo, o transporte de ferramentas para junto da máquina e vice-versa

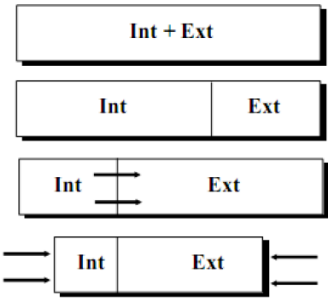


Ilustração 11 - Etapas SMED

A ferramenta SMED divide-se em 5 etapas:

1- Estudo da Situação Actual
2- Separação de Setup Interno e Externo
3- Conversão de Setup Interno em Setup Externo
4- Redução do Setup Interno
5- Redução do Setup Externo

Com o SMED pretendemos transferir as actividades externas para momentos em que a máquina está em funcionamento, criar um sistema que converta Setup interno em externo e por fim reduzir as actividades e optimizar os processos de produção.

2.5.4 Poka-Yoke (mecanismos anti-erro)

Poka-Yoke, palavra japonesa que significa "mecanismo anti-erro", é uma técnica para evitar erros Humanos. Esta técnica foi inicialmente usada por Shigeo Shingo para diminuir erros e eliminar possíveis inspeções de qualidade sem exigir muita atenção do operário, assim mesmo que um operário cometa um erro numa etapa de produção o *poka-yoke* vai evitar o defeito ou até parar a máquina.

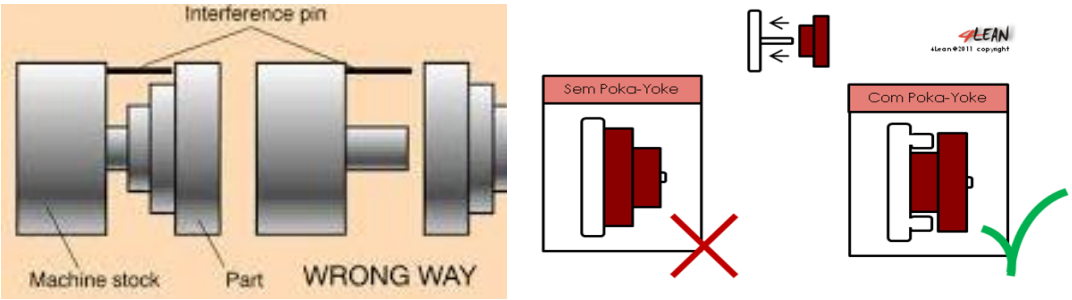


Ilustração 12 - Exemplo Poka-Yoke

Estes controlos fazem sentido serem realizados numa etapa inicial, ou seja, no desenvolvimento do produto pois quanto mais tarde o problema for descoberto maior serão as perdas associadas ao produto defeituoso.

2.5.5 Gestão Visual

Hoje em dia a maioria das empresas enfrenta grandes dificuldades na comunicação dentro da própria empresa. Assim, o uso de gestão visual é de grande importância pois faz com que a informação flua de forma mais fácil e correta realçando quais os objectivos e as metas principais da empresa.

A gestão visual sendo bem aplicada contribui para uma maior autonomia dos operadores, uma redução de erros, o que vai levar a melhoria do ambiente de trabalho e na união das pessoas dentro da empresa.

A Gestão Visual permite a eliminação de desperdícios em simultâneo, uma vez que permite uma interpretação rápida e fácil da informação, permite uma rápida resposta aos problemas e melhora a comunicação dentro de uma empresa.

Em suma, o uso desta ferramenta vai contribuir para uma maior autonomia dos operadores e uma redução dos erros durante a produção, melhorando o ambiente de trabalho e unindo as pessoas que trabalham na empresa.

OPL – é um exemplo de gestão visual que contém uma instrução de como realizar uma tarefa corretamente. Tudo isto com um processo de gestão visual simples contendo uma foto do processo bem executado, outra do processo mal executado e a correspondente legenda com um visto verde e uma cruz vermelha, respetivamente.

KANBAN – é outro exemplo de uma técnica de gestão visual que em japonês significa cartão ou sinal. Este tem origem no sistema *pull flow* e permite coordenar não só a produção de componentes como a movimentação de materiais entre os diferentes postos de trabalho. Geralmente um Kanban tem a informação base, nomeadamente, identifica a referência da peça, quantidade, origem, destino, matéria-prima etc. Este sistema permite detetar onde existem falhas, reduzir tempos de espera, diminuir stocks e interligar todas as operações de produção num único fluxo uniforme.

2.5.6 Diagramas de Spaghetti

O diagrama de Spaghetti é uma ferramenta Lean muito simples que permite visualizar os desperdícios de movimento associados às pessoas podendo ser usado em qualquer operação de uma empresa (operações de Set-Up, montagem, picking, etc). Este tipo de ferramenta é muito útil para redesenhar os processos ou *layouts* diminuindo não só as distâncias percorridas como o tempo de produção.

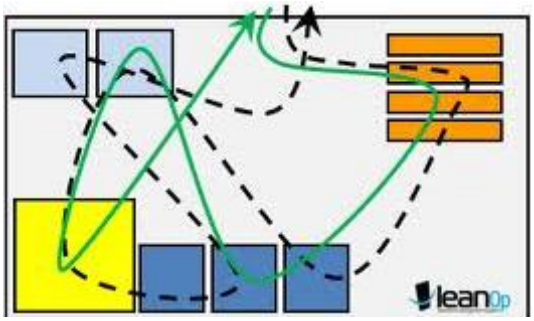


Ilustração 13 - Exemplo de um diagrama Spaghetti

2.5.7 Heijunka

Heijunka , em japonês, significa sequenciamento da produção. O principal objectivo ao se usar Heijunka é permitir a produção em pequenos lotes e a minimização dos inventários, garantindo desta forma um fluxo contínuo de produção e uma redução de custos.

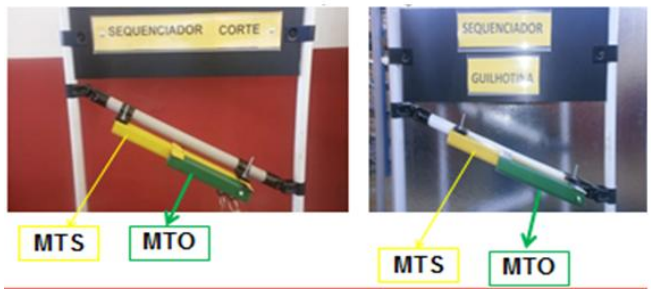


Ilustração 14 - Exemplo de um Heijunka

2.5.8 Golden Zone

Para reduzir o desperdício e aumentar a produtividade é necessário que o operador trabalhe nas condições mais favoráveis e sem executar muitas movimentações durante a realização das suas tarefas, como tal, é necessário definir a área ideal para os materiais e ferramentas necessárias para a execução das mesmas.

Assim para reduzir o desperdício e melhorar a ergonomia no posto de trabalho deve-se privilegiar a zona de trabalho marcada a verde, como é possível visualizar na seguinte imagem.

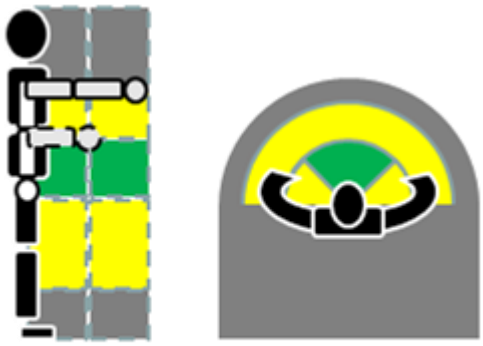


Ilustração 15 - Golden Zone

Normalmente a zona ergonómica de trabalho é definida para alturas entre seiscentos e mil e cem milímetros e para uma variação angular frontal de cinquenta e cinco graus tanto à esquerda como a direita do operador.

2.5.9 Make-to-Stock e Make-to-Order

Make-to-Stock (MTS) e *Make-to-Order* (MTO) são duas metodologias que caracterizam se a empresa produz para ter stock disponível (MTS) ou se produz para dar resposta a um pedido do cliente (MTO).

Caso a empresa adote um processo MTO esta deverá não só manter os inventários no mínimo como ser capaz de responder de um modo eficaz aos diferentes pedidos dos clientes. Os tempos de entrega com este tipo de processo serão de médio a longo prazo. Um exemplo típico de *Make-to-Order* são os restaurantes. Se a empresa optar por um processo MTS terá um inventário elevado respondendo aos pedidos dos clientes rapidamente e com produtos padronizados (Jacobs, 2011).

Alternativamente uma empresa pode adotar um sistema híbrido, onde se produz, para stock, subcomponentes que podem ser utilizados em vários produtos standard. Estes subcomponentes mantêm-se em stock até chegada de uma encomenda, momento em que serão utilizados para produzir os componentes necessários para o pedido do cliente.

2.6 Sistemas ERP

Estes sistemas, Enterprise Resource Planning, são sistemas integrados de gestão empresarial que automatizam e juntam toda a informação referente aos processos de gestão financeira, gestão de recursos humanos e gestão da produção/logística. Simplificando, o ERP, pode ser visto como uma grande base de dados com informações que interagem entre si.

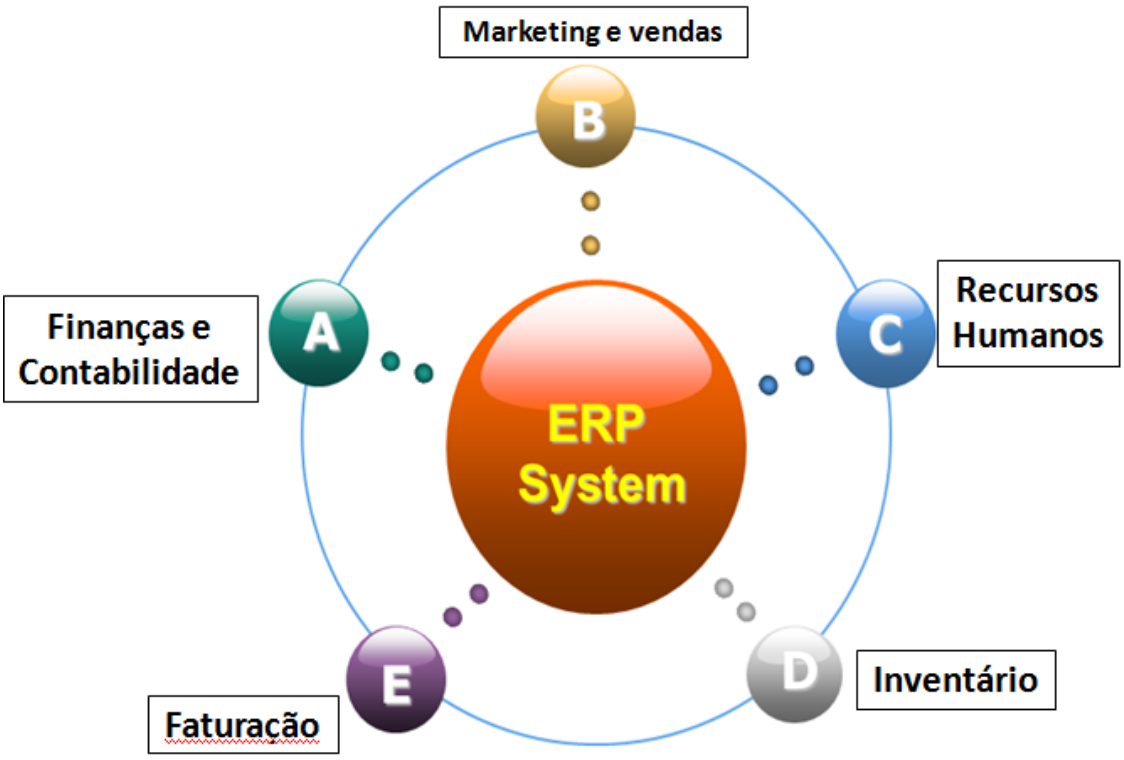


Ilustração 16 - Estrutura de um ERP

No caso da empresa 4Lean este tipo de sistema é utilizado apenas para custear uma peça produzida internamente e também para produzir automaticamente o suporte produtivo como por exemplo os desenhos técnicos dos componentes ou até produzir Kanbans.

2.7 Soldadura

A soldadura pode ser definida como um processo de ligação, permanente, entre duas peças. Esta união é a nível atómico onde se obtém uma junta com características mecânicas semelhantes às do metal base.

Existem dois grandes grupos de processos de soldadura. O primeiro, soldadura por fusão baseia-se no uso de calor para fundir parcialmente as partes a serem soldadas, o segundo processo baseia-se principalmente na deformação localizada das partes que se pretendem unir e é conhecido por soldadura no estado sólido.

2.7.1 Soldadura Manual (MMA/SMAW)

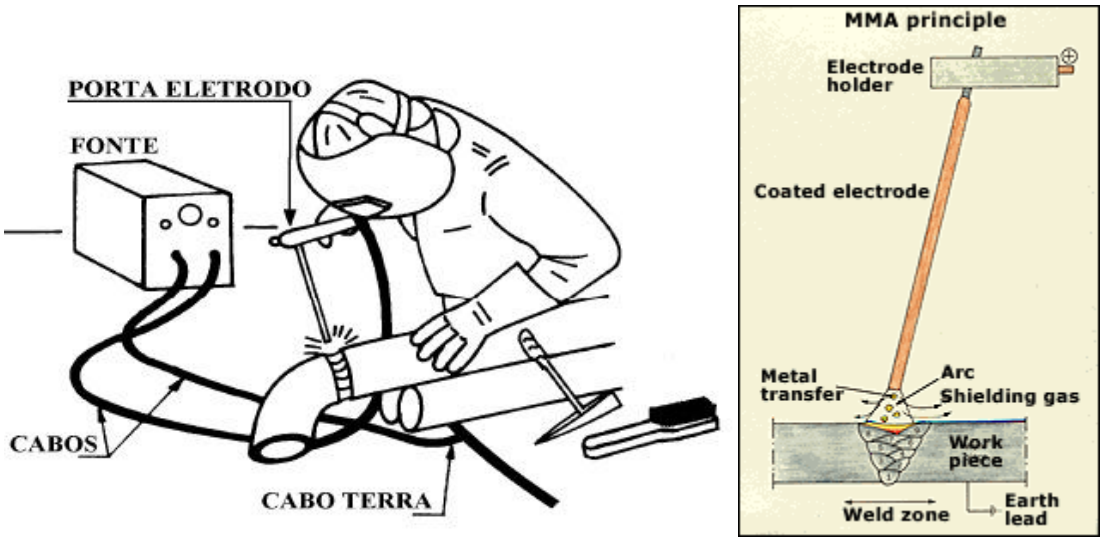


Ilustração 17 - Soldadura MMA/SMAW

Este tipo de processo pertence ao grupo da soldadura por fusão e também é conhecido como soldadura com elétrodo revestido. Este é o processo mais antigo e versátil onde é estabelecido um arco eléctrico entre a ponta de um elétrodo revestido e os componentes que se pretendem unir de forma a haver uma transferência, ao longo do arco, de gotas de metal em fusão para o banho de fusão formado na zona da junta de soldadura.

Tanto as gotas de metal como o banho em fusão encontram-se protegidas da contaminação atmosférica devido à proteção gasosa gerada pela decomposição do revestimento do elétrodo. A escória produzida flutua sobre o banho de fusão, protegendo o metal depositado da contaminação atmosférica durante o processo de solidificação.

Neste tipo de soldadura é muito comum o desperdício de escória pois alguma desta encontra-se em excesso sendo necessária a sua remoção.

Actualmente existe uma panóplia de elétrodos que são constituídos por ligas que conseguem garantir características de durabilidade, resistência mecânica e ductilidade.

Este tipo de processo é essencialmente usado para soldar ligas ferrosas na fabricação de estruturas metálicas, na construção naval e nos trabalhos de metalomecânica. Apesar de se tratar de um processo em que a sua execução é lenta, em que é necessário trocar elétrodos e remover escórias, trata-se do processo de soldadura mais flexível apresentando grandes vantagens quando se pretende soldar áreas de difícil acesso.

2.8 Ciclo de Deming – PDCA

O ciclo de Deming, também conhecido como ciclo PDCA, é um método de melhoria contínua muito utilizado nas empresas espalhadas pelo mundo. Foi um sistema inicialmente concebido por Walter A. Shewhart e amplamente divulgado por Willian E.Deming (Campbell e Collins, 2010).

Este ciclo é um método de melhoria contínua que deve ser continuadamente repetido de modo a obter um melhor desempenho e uma maior garantia de qualidade, sendo constituído por 4 fases:

- *PLAN* – Durante esta fase deve-se estabelecer metas e analisar a situação de modo a encontrar rapidamente as causas de um determinado problema que impeçam o alcance das metas esperadas, assim como definir melhores soluções para atingir essas metas traçando esse mesmo plano a implementar;
- *DO* – Execução do plano traçado anteriormente;
- *CHECK* – Após realização do plano traçado é necessário uma constante monitorização e análise dos resultados obtidos de forma a confirmar-se que o objetivo traçado está a ser cumprido;
- *ACT* – Ao identificar as metas não atingidas deve-se agir de forma a fazer os ajustes necessários para chegar a meta desejada. Caso a meta seja atingida deve-se procurar o próximo ponto que precisa de melhoria recomeçando desta maneira o ciclo PDCA não esquecendo de padronizar esses resultados.

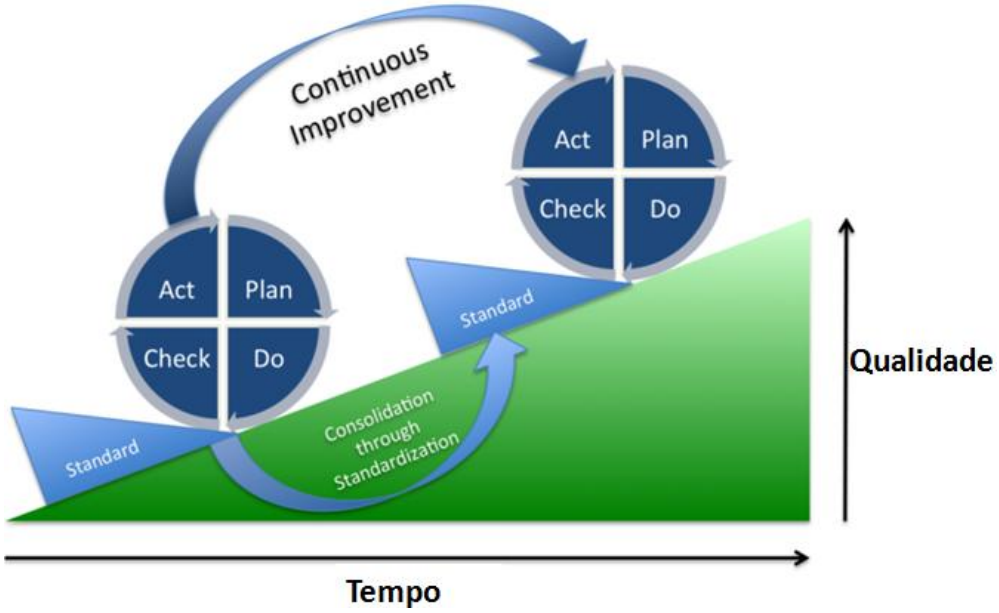


Ilustração 18 - Ciclo PDCA

2.9 Kaizen Workshop

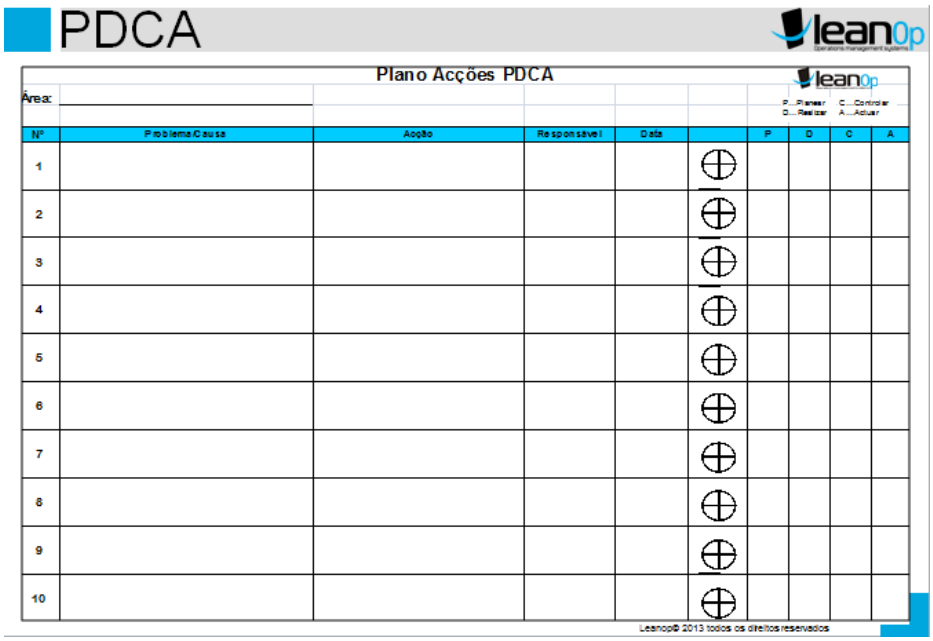
Esta actividade tem a duração de 3 dias em que as pessoas são divididas em grupos sendo que cada grupo tem de identificar e implementar uma melhoria significativa num processo produtivo. Normalmente a equipa é constituída por especialistas da empresa, consultores, chefias e operários para desta forma motivarem os restantes elementos do grupo e haver uma certa consciência de que se está a fazer algo importante para a empresa.

O objectivo do problema a resolver por equipa é definido com antecedência assim como as ferramentas que serão necessárias.

No primeiro dia é comum a equipa discutir e aprender um pouco sobre as ferramentas *Lean* que são normalmente usadas como por exemplo os 5S, diagramas *Spaghetti* etc. Após esta aprendizagem os formandos são reencaminhados para o "*Gemba*", que se refere ao chão da fábrica, ficando desta forma com uma imagem do estado actual da empresa podendo planear quais as intervenções necessárias para atingir o objectivo. Trata-se de um processo interativo onde existe a possibilidade dos elementos do grupo, após planeamento das ações, iniciarem o que está planeado e poderem mudar o rumo se virem que existe uma melhor possibilidade para atingir o objectivo.

Após terminarem a implementação das novas ideias o processo é padronizado e a equipa responsável tem de debater as ideias com a administração.

Normalmente durante estes workshops ficam em aberto alguns pontos impossíveis de serem realizados no periodo proposto. Estes pontos são normalmente colocados numa folha designada por "*Kaizen Workshops"* ou como é no caso da 4Lean na folha de "Plano de acções PDCA" . Esta folha contém a informação do que é necessário realizar, quem vai realizar e a data para se fechar a ação. Isto faz com que haja uma melhoria contínua na empresa.



PDCA

Plano Acções PDCA

Área:

P...Planear C...Controlar
D...Realizar A...Actuar

Nº	Problema/Causa	Acção	Responsável	Data		P	D	C	A
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Ilustração 19 - Folha de acções de melhoria - PDCA

Segundo alguns autores, como é o caso de Liker e Mier (2006), este tipo de actividades tanto apresentam pontos fortes como fracos.

Pontos fortes:

Trata-se de uma boa experiência pois as análises e melhorias planeadas são realizadas com o sentimento de se fazer parte de uma equipa sendo o material necessário oferecido pela empresa. Existe uma grande interação entre os formandos e as pessoas envolventes da empresa para que haja uma maior facilidade de comunicação e de aprovação para as ações que se pretendem realizar.

Por fim, como este tipo de actividade é muito prático existe um maior empenho e interesse por parte dos formandos.

Pontos fracos:

Normalmente os objectivos das equipas estão focados para processos individuais.

Muitas das vezes a lista de tarefas a realizar no workshop não são realizadas devido à falta de motivação/interesse dos formandos.

Existe um entusiasmo durante o workshop mas após terminar as pessoas que participam voltam às empresas e não aplicam os novos conhecimentos, ou seja, a mudança de cultura nas pessoas não é duradoura como se pretendia.

3. Desenvolvimento de Produtos

Quando se projeta uma nova estrutura surgem problemas devido ao aumento da complexidade das mesmas, o que pode levar a custos mais elevados de matéria-prima, de mão-de-obra, a um aumento de stock com peças descontinuadas e a uma diminuição da flexibilidade e versatilidade da resposta rápida a pedidos de clientes.

Para responder o mais rapidamente possível aos pedidos dos clientes a 4Lean produz componentes modulares, isto é, utiliza uma variedade reduzida de matéria-prima para produzir alguns subcomponentes que por sua vez vão ser usados na construção de uma maior variedade de componentes.

Desta forma, na 4Lean, ao se projetar novos componentes é necessário ter em conta não só os subcomponentes existentes como as matérias-primas disponíveis na empresa para, desta forma, apenas variar o número de soluções mantendo o sistema de produção atual.

Devido a estes factos pode afirmar-se que na 4Lean existe uma modularidade dentro da modularidade e é segundo este pensamento que todos os novos componentes são projetados.

3.1 Fases do Desenvolvimento do Produto

Como em todo o desenvolvimento de um novo produto existem passos importantes que se devem manter para que a comunicação entre as pessoas das empresas seja clara e fluida. Desta forma na empresa 4Lean existem cerca de cinco passos padrão que se têm de respeitar:

3.1.1 Receção

Esta é a primeira fase do projeto. Nesta fase o cliente entra em contato com o customer service explicando o que pretende. O customer service, após anotar as principais especificações do cliente, cria um sticker como Tecnical Request (TR) ou como Budget (BD) que contém o nome da solução, o nome do cliente e a data em que foi registado o pedido.

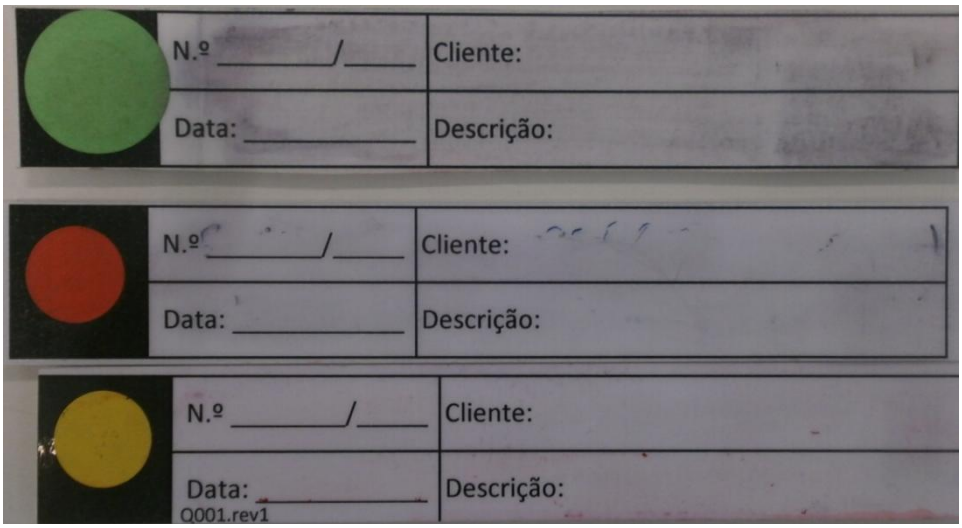


Ilustração 20 – Sticker

Como se vê pela imagem anterior, o sticker está identificado visualmente com cores o que possibilita facilmente identificar o local do cliente pois para cada cor corresponde um país.

Após abertura do sticker é criada uma pasta no servidor da empresa e a informação passada para o projetista/responsável das famílias que têm de preencher uma folha padrão (Anexo A) com as informações que o cliente forneceu e outras que sejam relevantes para o desenvolvimento do produto.

3.1.2 Ideia

Nesta fase o projetista identifica quais os problemas colocados pelo cliente e os requisitos que a estrutura tem de ter para respeitar as necessidades dos mesmos. Se o cliente pretender algo que a empresa nunca construiu, algo novo, é necessário um estudo de mercado de modo a pesquisar o que já existe, de forma a se pensar qual o processo(s) produtivo(s) necessário(s) para a realização da ideia.

3.1.3 Protótipo

Aqui desenvolve-se um esboço da ideia inicial, tentando sempre que possível manter o conceito de modularidade usado na 4Lean. Usando o Alibre GeoMagic, Software de desenho, é possível passar esse esboço para um desenho 3D. Caso seja necessário projetar um novo componente recorre-se ao ERP para custear a produção do mesmo.

3.1.4 Teste

Esta fase é muito comum dividir-se em duas subfases, uma de testes internos e outra de testes no cliente. Primeiro realizam-se os testes internos de maneira a garantir o máximo de qualidade no produto final, em seguida os resultados obtidos são guardados em forma de um documento de Tecnical Request -TR (Anexo B) e enviados para o cliente.

3.1.5 Divulgação

É uma das fases mais importantes quando se desenvolve um produto pois para aumentar as vendas é necessário que os clientes conheçam os produtos e as novas soluções projetadas pela 4Lean. Para que um novo componente fique pronto para a divulgação é necessário verificar se este passou por todas as etapas de projeto anteriormente descritas e assinalar, no quadro do desenvolvimento do produto, o estado de desenvolvimento deste. Se cumprir estas especificações o componente pode ser colocado no catálogo ou caso seja uma nova solução pode ser criado um vídeo e coloca-lo no Youtube no canal da 4Lean.

Ilustração 21 – Colunas do quadro desenvolvimento do Produto

3.2 Processo Produtivo

O processo produtivo começa com a receção de matéria-prima (chapa, perfis de tubo quadrado/redondo, etc.) que é armazenada no armazém de matéria-prima conforme as suas dimensões e características, após passar por um controlo de qualidade por amostragem efetuado a todo o material rececionado.

Após aberta uma ordem de fabrico, a matéria-prima é encaminhada para os equipamentos de produção para ser trabalhada conforme as necessidades. De referir que devido ao conceito da modularidade dentro da modularidade a 4Lean não necessita de uma grande variedade de equipamentos mecânicos. Assim, este setor é constituído apenas por uma

quinadeira, uma guilhotina, uma puncionadora, uma serra de fita, um engenho de furar e apenas um operador.

A quinadeira RICO permite quinar chapas com 10mm de espessura e 3000mm de comprimento, possui apenas um único tipo de punção e 4 matrizes em "V" com diferentes ângulos de abertura.

Ilustração 22 – Quinadeira

A guilhotina é um equipamento adquirido recentemente pela empresa e permite cortar as chapas libertando um pouco a puncionadora MaqFort que era usada anteriormente para realizar corte de chapa e punções. Atualmente apenas é usada para cortar cantos de cantoneiras e realizar as furações.

Ilustração 23 - Guilhotina e Puncionadora

A serra de fita permite o corte de ângulo variável dos tubos quadrados usados no 4Lean System Plus assim como as cantoneiras usadas nos Mini Wagons.

Ilustração 24 - Serra de Fita

O engenho de furar é um equipamento utilizado para a furação de tubos quadrados podendo ser usado para realizar furações quando a puncionadora não tiver capacidade para tal. Trata-se de um equipamento automático com a funcionalidade de se poder usar manualmente quando necessário.

Ilustração 25 - Engenho de Furar

4. Projetos desenvolvidos na 4Lean

Como foi dito anteriormente fiquei responsável pela família do 4Lean System Plus tendo como principal objetivo o desenho/custeio de novas peças, gerir a criação de novas peças, reduzir custos e aumentar produção do sistema 4*Lean System Plus*. Contudo ao longo do estágio verificaram-se algumas alterações ao planeamento inicial de realização do projeto base tendo participado em diversos projetos da empresa, desde a projecção de novos componentes/soluções à divulgação da marca 4Lean em Feiras Internacionais.

4.1 Project Charter

Para conhecer melhor o funcionamento da empresa foi-me proposto inicialmente a realização de um *Project Charter* no âmbito da família 4Lean System Plus com o objetivo de reduzir custos de produção e aumentar a sua produtividade tanto a nível de produção de componentes como na montagem de estruturas.

Um Project Charter tem como objetivo ser realizado num espaço de tempo estipulado com auxílio a um cronograma que termina com uma apresentação aos clientes. A 4Lean possui um template padrão como é apresentado na imagem 26.

Project Charter

Projecto: 4Lean System Plus
Objetivo: Diminuir custos e melhorar qualidade dos componentes 4Lean Plus

Coordenador do Projeto: Francisco Martins

Patrocinador do Projeto: Clementina Dinis

Business Case:
- Aumentar produtividade
- Aumentar vendas
- Baixar Custos Produção

Equipa

Nome	Departamento
Francisco Martins	Componentes
Luís Moura	Responsável 4Lean
Clementina	LMS
Nuno Silva	comercial

Âmbito do Projeto:
- 4Lean System Plus – processo produtivo
  - TC-2M
  - Quadra Baixa

	Indicador:	Objectivos:
Custo	Produtividade	- aumentar
Qualidade	- Empeno da chapa - Furação desalinhada	-Diminuir empeno das chapas -Furar com um erro mais pequeno

Recursos Necessários: Sistema informático (consumos e desenho);

Plano: Analisar componentes System + ; analisar furação ; projetar componentes para aplicar TC-2M; Reduzir custos;

Data: 13/02/2014 | Facilitador do Projecto: Francisco Martins | Patrocinador do Projecto: Clementina Dinis

Ilustração 26 - Template Project Chart

Após o correcto preenchimento da ficha foi necessário identificar os stackeholders e fazer uma análise de risco do nosso projeto.

Matriz de Stakeholders

Nome	Departamento	Tipo de Cliente	Interesses, preocupações, objectivos
Luís Moura	Responsável 4Lean		>produtividade <custo
Nuno Silva	Comercial		Aumentar vendas
Cláudia Marques	Operações		Desenvolver novas ferramentas para puncionadora
Clementina	LMS		Processo produtivo Matérias primas Caminhos a seguir
José	Componentes		< tempo de mudança de ferramentas > produtividade

Análise de riscos

Risco	Impacto no projecto A-Alto, M-Medio, B-Baixo		Contra-medidas
	Severidade	Probabilidade de acontecer	
Puncionadora não ter força suficiente para fazer diversos furos	A	M	
Segurança	A	M	Controlo da fiabilidade e qualidade das ferramentas do puncionador
Optimizar o puncionamento/corte para determinada situação e não considerar outras	A	M	Produzir chapas com diversas furações para os diferentes rodizios

Ilustração 27 – Stakeholders e Análise de riscos

Depois de identificar quais os stakeholders mais relevantes para o projeto, foi necessário analisar as vendas que a 4Lean realizou durante o ano dois mil e treze para perceber que tipos de componentes se venderam mais e separar estes por tipo de matéria-prima.

	Tipo Matéria-prima			Quantidade
	Chapa	Tubo quadrado	Tubo redondo	
4Lean System Plus				2429
				4377
				52
				544

Tabela 2 - Quantidade Matéria-prima 2013

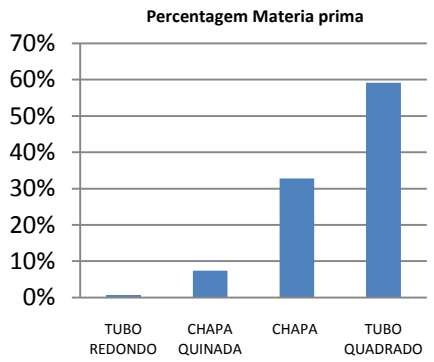


Tabela 3 - Percentagem Matéria-prima 4Lean System Plus

Como se pode analisar pelas tabelas anteriores, a matéria-prima mais usada na 4Lean, na produção de subcomponentes, é o tubo quadrado. Contudo foquei-me mais na chapa pois

as operações para o tubo quadrado não eram tão preocupantes. Assim sendo, a análise seguinte foi estudar que tipo de operações são realizadas nas chapas, nomeadamente analisar a quantidade de punções por chapa.

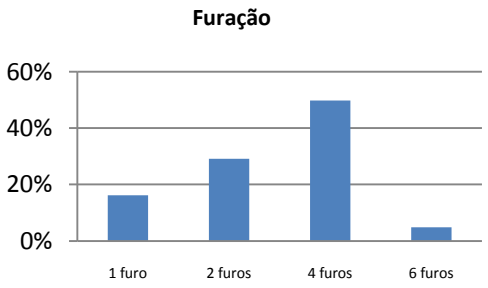


Tabela 4 - Percentagem de furos nas chapas

Como se pode comprovar, pelos resultados representados na tabela 4, realizam-se maioritariamente quatro furações neste tipo de subcomponentes, sendo que cada furo está espaçado de outro furo cerca de setenta e seis milímetros, como mostra a seguinte imagem.

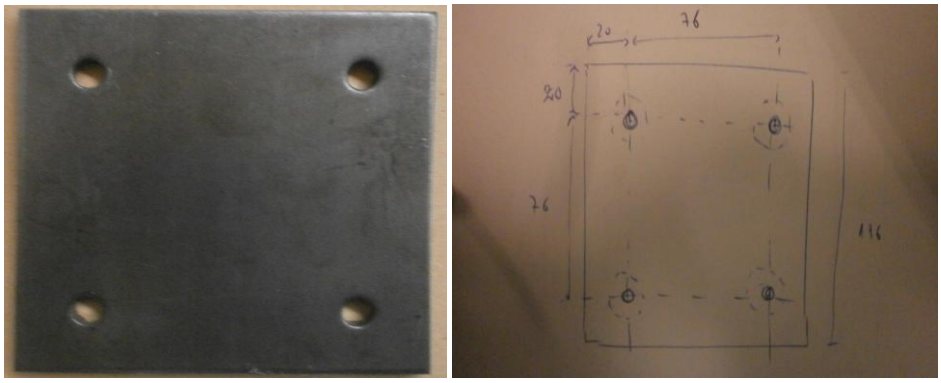


Ilustração 28 - Chapa com 4 furações a 76mm

Atualmente as furações são de nove milímetros de diâmetro e são realizadas na puncionadora MaqFort que apenas está preparada para fazer uma furação de cada vez.

Com estas análises foi proposto que se mudasse a ferramenta de puncionar de forma a serem realizadas as 4 furações ao mesmo tempo, permitindo desta forma diminuir o custo de produção em cerca de setenta e cinco por cento.

O próximo passo foi estudar se o equipamento de puncionar teria as caraterísticas necessárias para realizar as quatro punções em simultâneo e ao estudar o catálogo fornecido pela MaqFort comprovou-se que a puncionadora da 4Lean de 60Ton era mais do que suficiente para realizar esse trabalho.

Assim sendo procedeu-se ao pedido de orçamento da nova ferramenta a um fornecedor para desta forma comparar o preço da nova ferramenta com a diminuição dos custos provocados pela realização das quatro furações em simultâneo.

Em suma devido à diminuição de custos, cerca de 76% mais barato, e devido ao preço da ferramenta vs Custos de produção chegou-se à conclusão que a ferramenta seria um bom investimento a curto prazo, cerca de 10 meses, procedendo-se à sua compra. O cálculo foi feito tendo em conta as chapas produzidas durante o ano dois mil e treze e o dinheiro que se iria poupar apenas com a realização de uma operação de puncionamento.

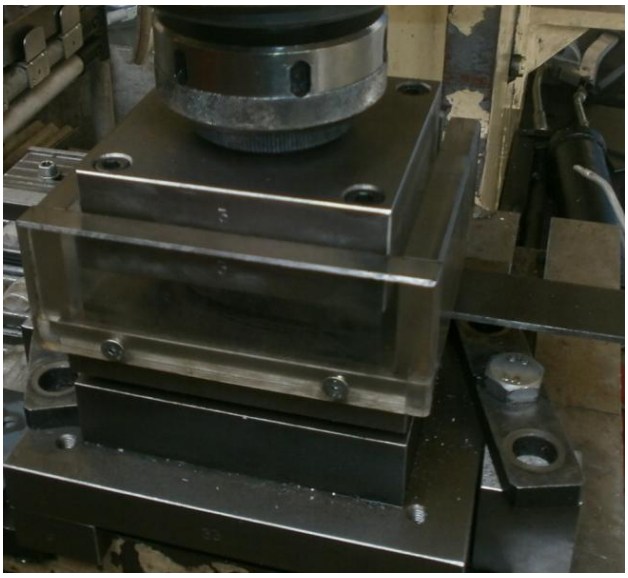


Ilustração 29 - Nova ferramenta para realização de 4 punções

Após entrega da ferramenta foi necessário realizar testes de qualidade, nomeadamente testar a segurança desta a trabalhar assim como comprovar se as furações estavam a ser realizadas corretamente.

Esta ferramenta para além de diminuir os custos de puncionamento também foi importante para a diminuição de defeitos na chapa, como por exemplo chapas empenadas ou furação desalinhada.

4.2 Aplicar travão TC-2M

As vendas deste tipo de travão de pé começaram a aumentar o que levou a necessidade de analisar como o poderíamos colocar nas estruturas da família 4Lean System Plus.

Após uma primeira análise do travão conclui-se que seria necessário projetar novos componentes pois as furações deste travão encontram-se espaçadas umas das outras oitenta e cinco milímetros e não os setenta e seis milímetros como é normal.

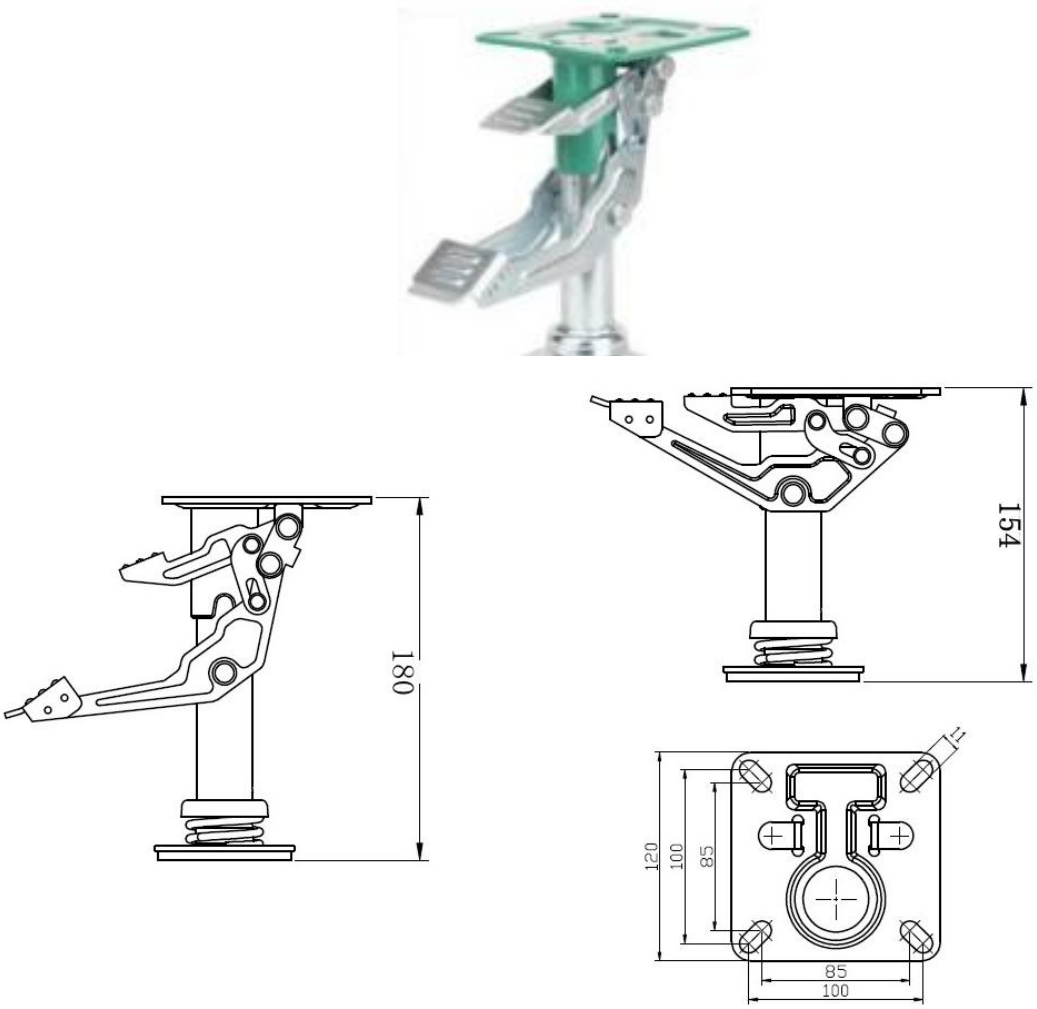


Ilustração 30 - Travão de solo (TC-2M)

O seguinte passo foi analisar como e qual seria o melhor local para o travão ser colocado de forma a ser usado de um modo eficaz e seguro.

Chegando-se às seguintes conclusões:

- Os travões apenas são aplicados nos componentes dos cantos logo apenas será preciso fazer um ou dois novos subcomponentes em chapa com furações espaçadas entre si de 85mm;

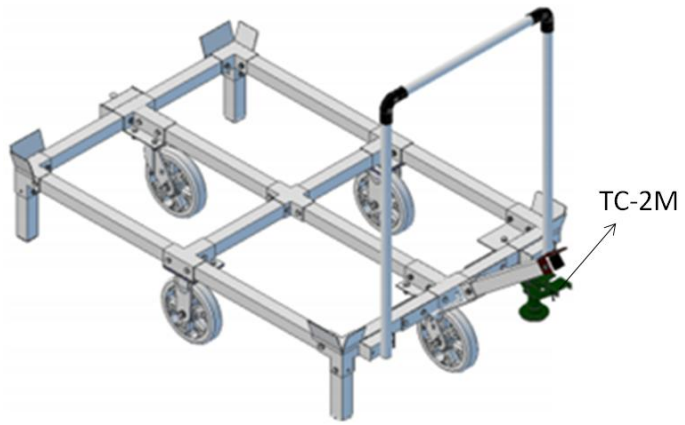


Ilustração 31 – Exemplo de aplicação do TC-2M em componentes dos cantos

- Tem de ser aplicado o mais perto possível da beira do carro para fácil acionamento e sem risco do pé do operador ficar preso.

Ilustração 32 - Exemplo da correta aplicação do TC-2M

Considerando estas particularidades chegou-se à conclusão que a nova chapa teria as seguintes caraterísticas:

- Dimensões: 156,5 x 156,5 mm;
- Chapa decapada com quatro milímetros de espessura;
- 4 Furos de nove milímetros de diâmetro, sendo 3 deles escariados;

A criação deste novo subcomponente deu origem a novos componentes como o CL-ER3, CL-PR3, CU-R3 etc. Após projetar estes componentes no Geomagic, software de desenho, foi necessário realizar o seu custeio recorrendo à ferramenta ERP.

Ao serem criados novos componentes é necessário criar um novo código e respectiva descrição sendo o código registado num ficheiro com os códigos dos produtos existentes na 4Lean. Isto permite saber quais os códigos existentes já validados de forma a não haver repetição de códigos.

Código	Descrição Simplificada
CL-ER3	Canto L para TC-2M
CL-PR3	Canto L com guia palete para TC-2M
CU-R3	Canto U para TC-2M

Ilustração 33 - Componentes utilizados com o TC-2M

Em todos os componentes criados, para serem usados com o TC-2M, foram utilizados subcomponentes já existentes mais o subcomponente da chapa anteriormente descrita mantendo a modularidade desejada.

Em seguida, com a ajuda das imagens, irei explicar como custear um novo componente e quais os passos necessários para validar o mesmo dando início à sua produção. Importante frisar que devido à empresa querer manter os preços praticados em sigilo não foi possível apresentar os valores monetários praticados.

		Matéria Prima			
		Varão Ø20	Chapa 2mm decapada	Chapa 2mm Galvanizada	Chapa 4 mm decapada
		MP-VR20	MP-CH2	0	MP-B4
		m	m2	m2	m2
Código	Designação	€	€	€	€
C165	Chapa 40x20x4mm boleada				0,0008
CNT84	Cantoneira 40x40x100x4mm 4 furos 2 bol				
C166	Chapa 40x60x4mm 1 furo 2bol				0,0024
C167	Chapa 35x156x4mm 3 furos 1bol				0,00546
C168	Chapa 116x171x4mm 2quinada 5furos 2 bol				0,019836
C170	Chapa 843x40x2mm 3 furos		0,03372		
C171	Chapa 212x40x2mm 1 furos		0,00848		
MM1	Malha metálica 162x793x2mm				
C172	Chapa 260x830x2mm 2quinagens		0,2158		
C173	Chapa 200x30x2mm		0,006		
C174	Chapa 95x40x2mm 2 quinagens			0,0038	
C178	Chapa quinada U 830x104x4mm 3 guilh				0,08632
CNT88B	Cantoneira 830x40x40x4mm 4 furos Braço				
C187	Chapa 116x116x4mm 4 furos/2esc.				0,013456
C188	Chapa 156x156x4 mm 4furos/2esc				0,024336
C192	Chapa 90x30 quinada 1 furo		0,00324		
C194	Chapa 116x116x4mm 4 furos/2esc.				0,013456
C195	Chapa 156,5x156,5x4mm 4furos/3 esc.				0,02449225
C196	Chapa 116x220 4 furos				0,02552

Ilustração 34 - Extrato da lista de subcomponentes do ERP com as respetivas quantidades de matéria-prima

		Operações													
		SC-A-01	SC-A-02	SC-B-01	EF-A-01	EF-A-02	EF-B-01	EF-C-01	SM-A-01	SM-A-02	SM-B-01	SM-C-01	SM-C-02	SM-C-03	SM-C-04
		Preço / operação													
Código	Designação	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
CNT83	Cantoneira 650x40x40mm		2												
C165	Chapa 40x20x4mm boleada								1						
CNT84	Cantoneira 40x40x100x4mm 4 furos 2 bol		1								1				
C166	Chapa 40x60x4mm 1 furo 2bol								1						
C167	Chapa 35x156x4mm 3 furos 1bol								1						3
C168	Chapa 116x171x4mm 2quinada 5furos 2 bol								1		2			2	
C170	Chapa 843x40x2mm 3 furos								2						
C171	Chapa 212x40x2mm 1 furos								2						
MM1	Malha metálica 162x793x2mm								1						
C172	Chapa 260x830x2mm 2quinagens								1					2	
C173	Chapa 200x30x2mm								1						
C174	Chapa 95x40x2mm 2 quinagens								1					2	
C178	Chapa quinada U 830x104x4mm 3 guilh									1	2			2	
CNT88B	Cantoneira 830x40x40x4mm 4 furos Braço			2											
C187	Chapa 116x116x4mm 4 furos/2esc.						2		1						4
C188	Chapa 156x156x4 mm 4furos/2esc						2		1						4
C192	Chapa 90x30 quinada 1 furo								0	1				1	1
C194	Chapa 116x116x4mm 4 furos/2esc.						2		1						4
C195	Chapa 156,5x156,5x4mm 4furos/3 esc.						3		1						4
C196	Chapa 116x220 4 furos						2		1						4
C197	Chapa Galvanzada 186x45x3mm 2 furos								1						2

Ilustração 35 - Extrato da lista de subcomponentes do ERP com as respetivas operações de produção

O primeiro passo, após criação do código de produto, é custear os subcomponentes do produto final tendo em atenção o uso da matéria-prima (Imagem 34) que a empresa tem em stock, assim como quantificar as operações (Imagem 35) necessárias para produzir cada um dos respetivos subcomponentes.

Após o custeio dos subcomponentes avança-se para o custeio dos componentes anteriormente projetados, como podemos ver na seguinte imagem.

PRODUTO FINAL				Subcomponentes							
			Custo MP's	0,00 €	€	€	€	€	€	€	€
			Custo mão-de-obra	0,21 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
			Código	CGP	PM8-25MC	T01	T02	T31	C187	C195	C196
			Designação	Guia de palete 116x116	Parafuso Cónico M8-25	Tubo 45 - 116	Tubo 45 - 156 45°	Tubo 45 - 45 1 FURO	Chapa 116x116x4 mm 4 furos/2esc.	Chapa 156,5x156,5x4mm 4furos/3 esc.	Chapa 116x220 4 furos
			Custo/un	0,21 €	0,02 €	0,35 €	0,47 €	0,14 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Código	Peso (kg)	Designação	Foto								
CI-R3	0,700	CI-R2 mais largo para TC-2M			2	1			1		
CL-ER3	1,650	CL-ER2 para TC-2M			3		2	1		1	
CL-PR3	1,900	CL-PR para TC-2M		1	3		2			1	
CU-R3	1,400	Camto U para TC-2M			2	2					1
C-UM	0,000	Chapa União de Módulos									
C-QUR4	0,000	Chapa quinada em U para rolos com rebordo furação 70mm									
C-TH06L	0,300	Tool holder 70dx75mm lateral									
C-TH07L	0,300	Tool holder 50dx75mm lateral									
BR-7R	1,200	BRAÇO (CORPO) com reformço na mola						1			
VAG-29	4,260	Vagão 620x420 guia palete		4							
VAG-30	4,260	Vagão 612x412 cruz central conf dia		4							
CL-R	1,480	Canto L para suporte de rodizios					2				

Ilustração 36 - Extrato do ficheiro ERP dos componentes com os respetivos subcomponentes

			Número de sub-componentes	Introduzir data do acordo com o fornecedor	Custo soldadura (€)	Custo zincagem (€/Kg)	Introduzir data do acordo com o fornecedor (zincagem)	CUSTOS Zincagem (acordo fornecedor)	Custo transporte soldadura (€)	Custo transporte zincagem (€)	Deixar vazio	Custo mão-de-obra (€)	Custo MP's	CUSTO TOTAL COMPONENTE (€)	Preço componente (€)
Código	Peso (kg)	Designação				I			I	I		Custo mão-de-obra (I)		custo componente	
CI-R3	0,700	CI-R2 mais largo para TC-2M	4		I	I			I	I		I	I	I	I
CL-ER3	1,650	CL-ER2 para TC-2M	7		I	I			I	I		I	I	I	I
CL-PR3	1,900	CL-PR para TC-2M	7		I	I			I	I		I	I	I	I
CU-R3	1,400	Camto U para TC-2M	5		I	I			I	I		I	I	I	I

Ilustração 37 - Extrato do ficheiro ERP dos componentes com informações dos custos de produção

É importante saber o peso de cada componente para calcular o preço de zincagem assim como é importante aquando da realização de um orçamento ter conhecimento do peso total dos componentes de forma a serem realizados os pedidos de cotação de transporte.

Com a validação do preço do componente avança-se para o lançamento, mais uma vez com a ajuda do ERP e do Geomagic, de um MTO, ou seja, é iniciado um pedido de produção onde é necessário fornecer fichas técnicas dos componentes assim como as fichas dos seus respetivos subcomponentes.

Como se pode ver pela seguinte imagem, a ficha de um subcomponente permite ao operador das máquinas de produção saber que tipo ou quantidade de operações necessita de realizar assim como as dimensões, a localização dos furos e tipo de matéria-prima de cada subcomponente.

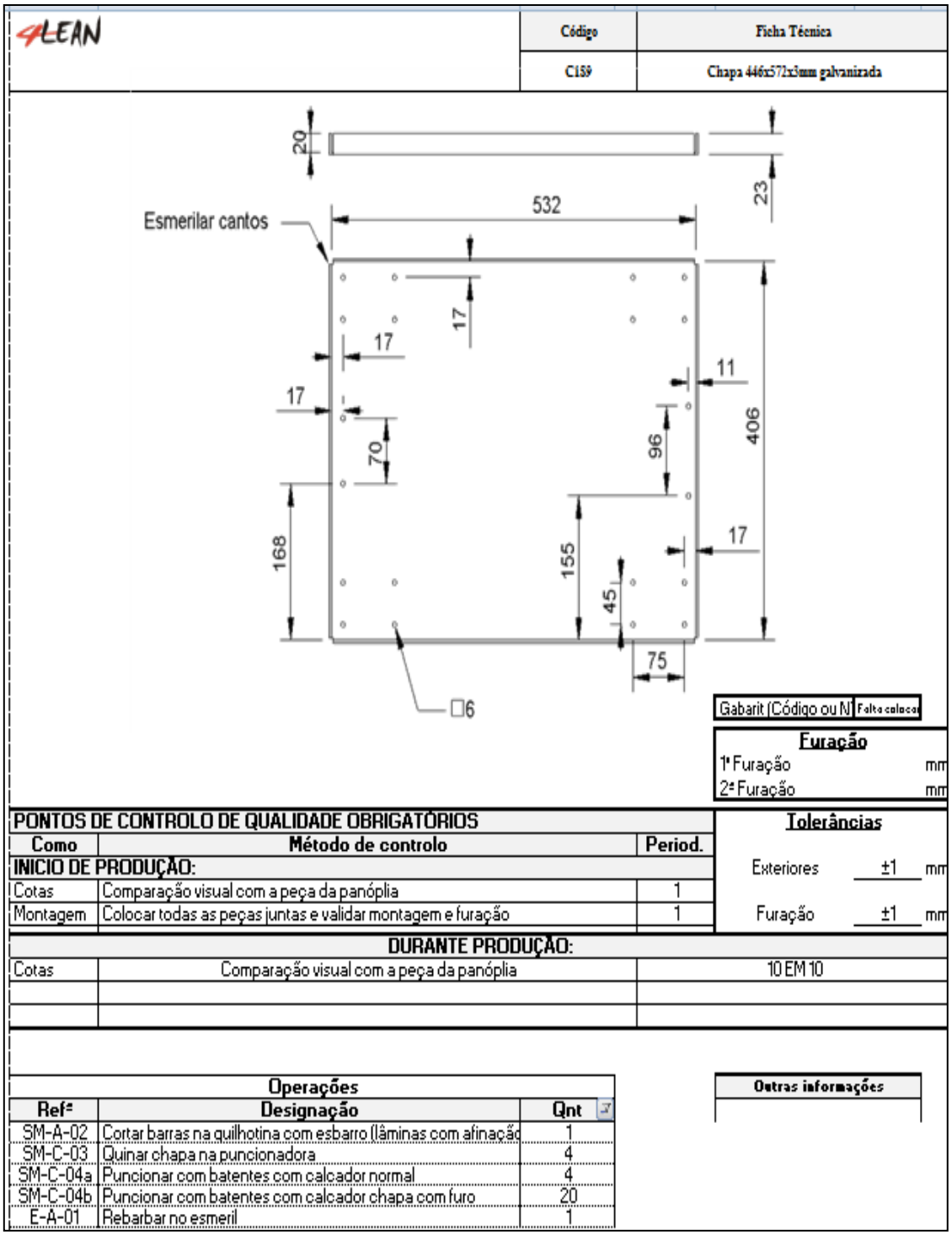
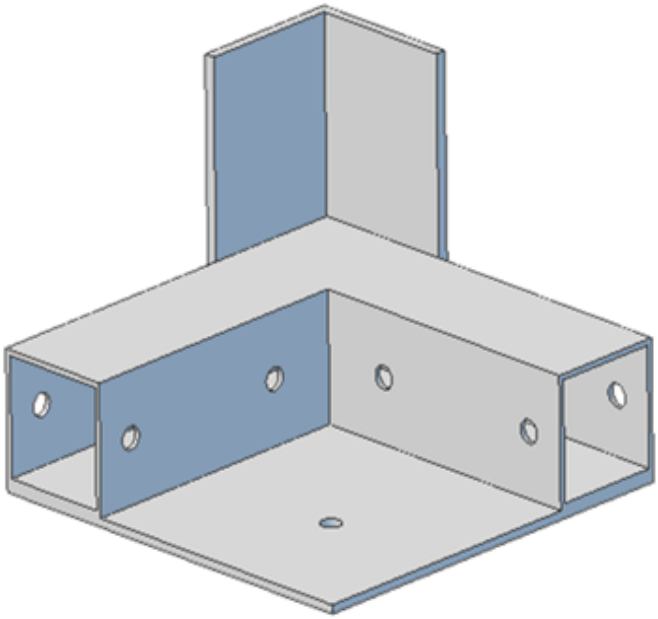


Ilustração 38 - Exemplo da Ficha Técnica dos subcomponente

Em seguida apresenta-se um exemplo de uma ficha técnica de um componente. Esta tem de fornecer, ao operador, a informação dos subcomponentes necessários para a produção do componente e as respetivas quantidades, assim como o tempo de produção.

4LEAN	Desenho Técnico	Código
	CL-PR para TC-2M	CL-PR3



Temp. Teorico (s)	QTD TOTAL	Tempo total teorico (min)
140	38	88
Peso (kg)		
1,900		

Ref=	Designação	Qnt	T (seg)
CGP	Guia de palete 116x116	1	57
PM8-25MC	Parafuso Cónico M8-25	3	0
T02	Tubo 45 - 156 45°	2	21
C195	pa 156,5x156,5x4mm 4furos/3	1	40,5

Ilustração 39 - Exemplo de uma Ficha Técnica de um Componente

Com este tipo de informação o operador consegue dar inicio à produção dos subcomponentes que constituem o componente anteriormente custeado. Após o componente estar projetado este é catalogado, colocado na panóplia dos produtos produzidos na 4Lean e colocado no programa usado para realizar orçamentos, o Singest.

4.3 Soldadura

Neste momento na empresa 4Lean não se realizam as operações de soldadura, por isso é necessário realizar constantemente controlo de qualidade após estas virem do soldador. Normalmente a colocação e tamanho dos cordões é fornecida na ficha técnica dos componentes, contudo a informação não era clara e apareciam imensos componentes com excesso de soldadura como mostram a seguintes imagens:

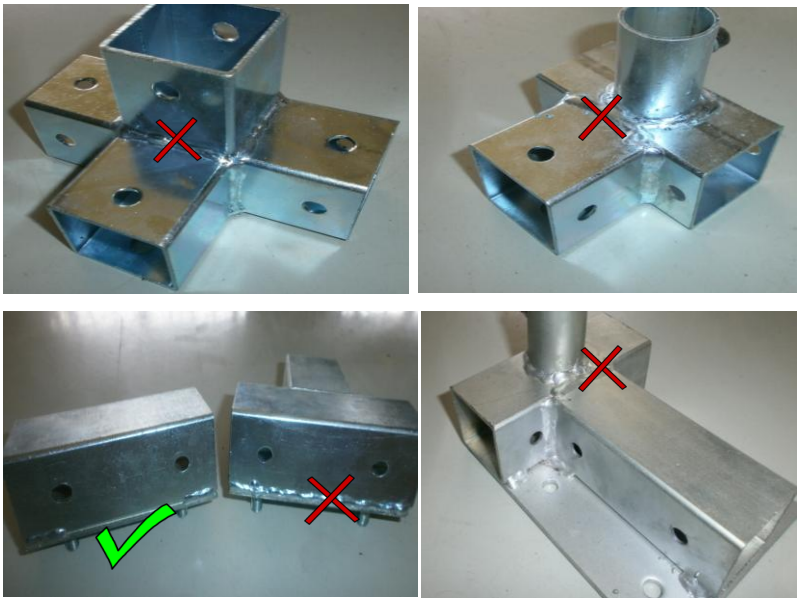


Ilustração 40 - Exemplo de uma má aplicação de soldadura

Devido a este excesso de solda foi necessário criar uma OPL para explicar de forma simples e clara como a soldadura deve ser realizada nos componentes.

Os componentes tiveram de ser diferenciados em componente "T" e "L" para ser mais fácil visualizar a localização da solda:

- Quando um componente tiver a forma de um "T" apenas necessita de dois cordões de solda, a que se lhe dá o nome de cordão a quarenta e cinco graus. Se o componente em "T" usar mais um tubo quadrado já vai ter o dobro da solda como mostra a OPL, ou seja, tem de se realizar quatro soldaduras a quarenta e cinco graus.

- Se o componente tiver a forma de um "L" necessita de um cordão de soldadura a quarenta e cinco graus assim como dois cordões na face como podemos ver pelas imagens da OPL. Contudo este tipo de componente tem uma particularidade ao se

colocar mais um tubo quadrado, este vai necessitar de mais dois cordão de soldadura a quarenta e cinco graus não necessitando dos cordões na face dando um total de três cordões a quarenta e cinco graus.

- Caso o componente seja constituído por tubo quadrado e chapa apenas necessita de quatro cordões de soldadura a quarenta e cinco graus de apenas dois centímetros de comprimento.

Ilustração 41 - OPL de Soldadura

Esta OPL permite ao soldador saber o tipo de soldadura que se pretende, diminuindo o seu tempo de trabalho logo diminuindo os custos que a soldadura acarreta para a Empresa 4Lean. Esta instrução de trabalho também permitiu diminuir o tempo da criação de um MTO pois deixou de ser necessário colocar os cordões de soldadura na ficha técnica do componente.

4.4 Kanban Board

Este projeto teve como finalidade criar um sequenciador para o Serrote e para a guilhotina de modo a aumentar a produtividade da célula de produção de componentes.

O primeiro passo foi sinalizar nos kanbans dos subcomponentes as siglas das famílias de Operações (tabela 5) assim como o seu tempo de produção.

Como foi dito anteriormente, devido à modularidade, a 4Lean não possui muitos equipamentos o que faz com que muitos subcomponentes tenham o mesmo tipo de operações, logo a mesma família de operações independentemente do seu tamanho ou forma.

FAMILIAS	
F1	Corte na serra e puncionadora
F2	Guilhotina e puncionadora
F3	Guilhotina + quinar
F4	Corte na serra + engenho de furar
F5	Corte na serra
F6	Corte varões MaqFort + dobrar

Tabela 5 - Família de Operações

Desta forma o operador da célula de produção consegue facilmente separar os kanbans conforme o processo produtivo, colocando-os nos respectivos compartimentos da caixa azul (Kanban Board), como vemos na imagem mais abaixo.

Após uma família de trabalho ter um total de x minutos, que na realidade correspondem a um dia de trabalho, os kanbans são transportados até aos respectivos sequenciadores. De notar que os Sequenciadores foram construídos com duas calhas de cores diferentes para desta forma avisar o operador que o que está na calha verde é prioritário aos kanbans da calha amarela, sendo que a calha verde recebe os MTO (make to order) e a calha amarela recebe os MTS (Make to Stock).

Para o uso do Kanban Board e dos Sequenciadores foi criada novamente uma instrução de trabalho, OPL, para que o operador perceba como deve agrupar os Kanbans, quando se devem retirar os kanbans do Kanban Board e o local para se colocar os kanbans nos respectivos sequenciadores. Desta forma o operador sabe a quantidade de horas de trabalho ou mesmo os dias de atraso podendo desta forma controlar a sua produção.

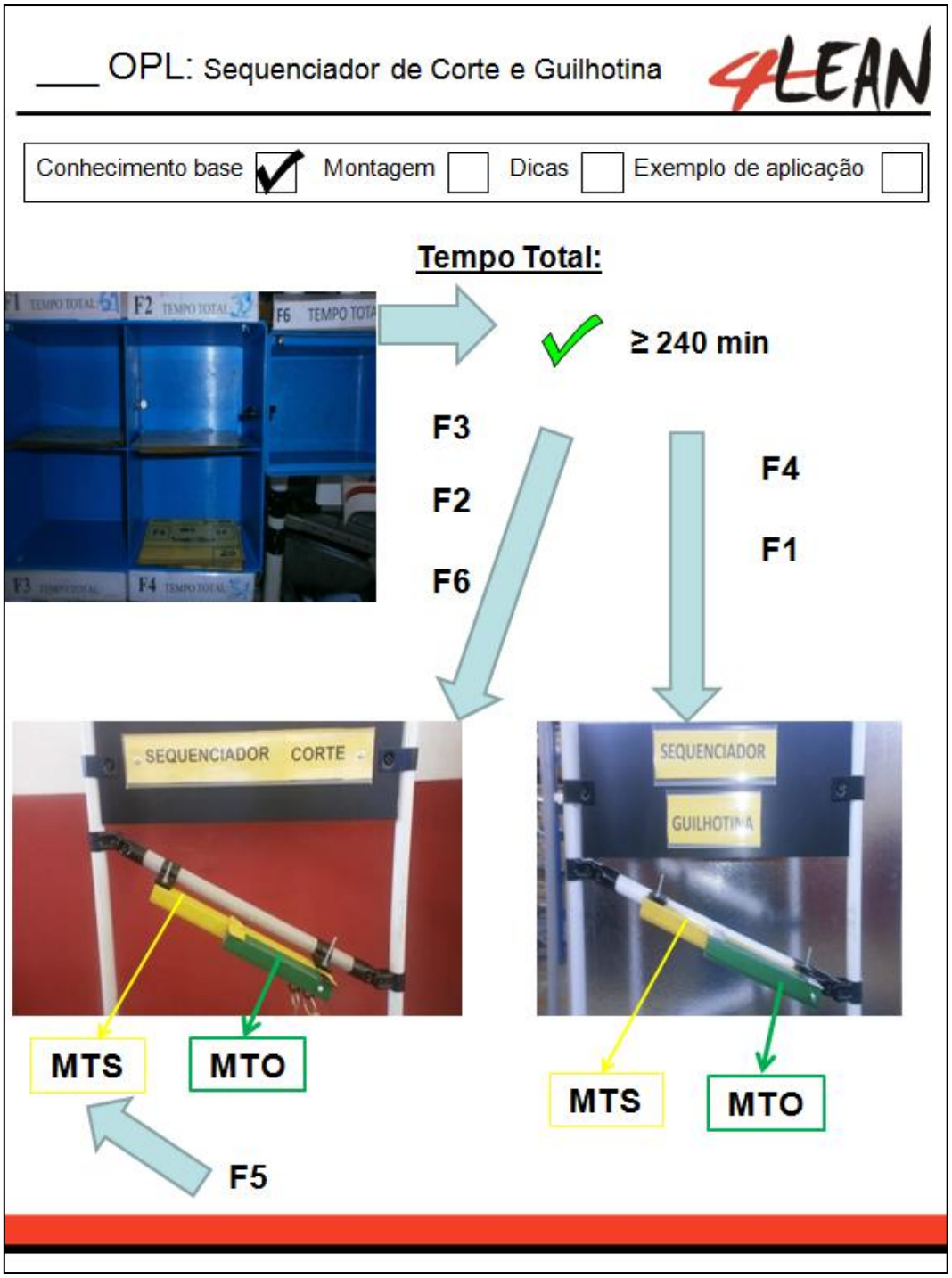


Ilustração 42- OPL Sequenciadores

4.5 Projeto de Novos Componentes

A nível de projeção de novos componentes e seu custeio foi muito produtivo. Para além dos novos componentes anteriormente descritos foram criados cerca de 97 novos componentes.

Na seguinte tabela temos alguns exemplos de componentes projetados encontrando-se os restantes em anexo.

Código Componente	Descrição do componente
C-QUR3	Chapa quinada em U para rolos furos a 70mm
VAG-26	Vagão 1230x830mm c/ cruz em cantoneira de 45x5
CL-ER3	CL-ER2 para TC-2M
CL-PR3	CL-PR para TC-2M
C-QUR4	Chapa quinada em U para rolos com rebordo furação 70mm
BAT-CU	Batente para Calha
AX-S	Axel System
AHND	Adjustable Handle
C-TC	Chapa tubo em T
CL-HT2	Canto T com suporte para TC-2M
C-PGL2	Pega soldada 640mm

Tabela 6 - Exemplo de alguns Componentes

De forma a ser acompanhado o processo de projeção e produção de novos componentes, cada responsável da família deve preencher um quadro de desenvolvimento do produto semelhante ao da imagem 43. Um componente apenas termina o processo de projeção quando todos os passos representados no quadro estiverem devidamente preenchidos, ou seja, termina quando o componente é colocado no software de orçamentação, Singest.

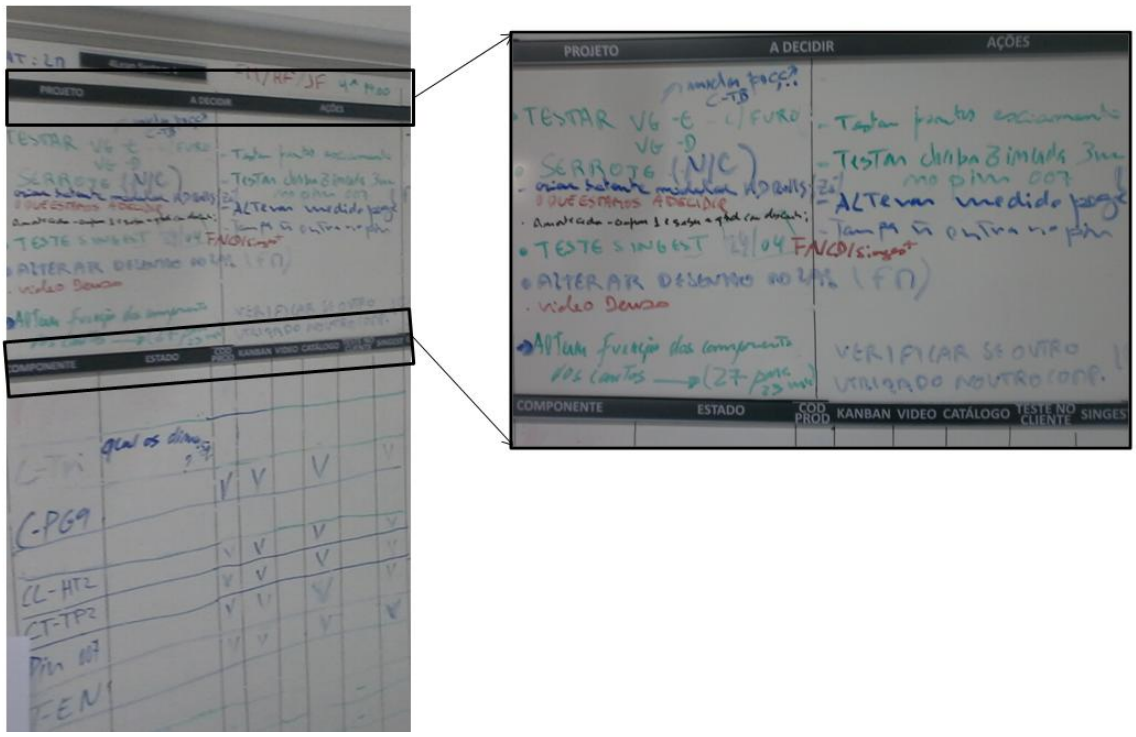


Ilustração 43 - Quadro do Responsável da família 4Lean System PLus

Este tipo de quadro permite uma rápida visualização do que falta ser feito e do que foi feito durante a projeção do novo componente, ou ainda observar que tipo de ações estão em aberto. De salientar que todas as semanas eram realizadas reuniões para discutir que ações estavam a ser tomadas assim como discutir futuras ações para desta forma haver melhorias nos processos de produção da empresa.

4.6 Novas Soluções – Projeto de uma Linha de Produção

Ao longo do estágio foram desenvolvidas novas soluções. Algumas foram desenvolvidas especificamente para um dado cliente não sendo colocadas nos guias de soluções da empresa, outras foram desenvolvidas internamente sendo colocadas nesse guia de soluções permitindo ao comercial negocia-las com diferentes clientes.

A solução para a linha de produção, que irei apresentar em seguida, destinava-se para um cliente específico, contudo as estruturas projetadas podem ser aplicadas noutros clientes conforme as suas necessidades. Durante este projeto foram utilizados maioritariamente componentes já existentes na empresa mas devido às especificações do cliente foi necessário projetar novos componentes.

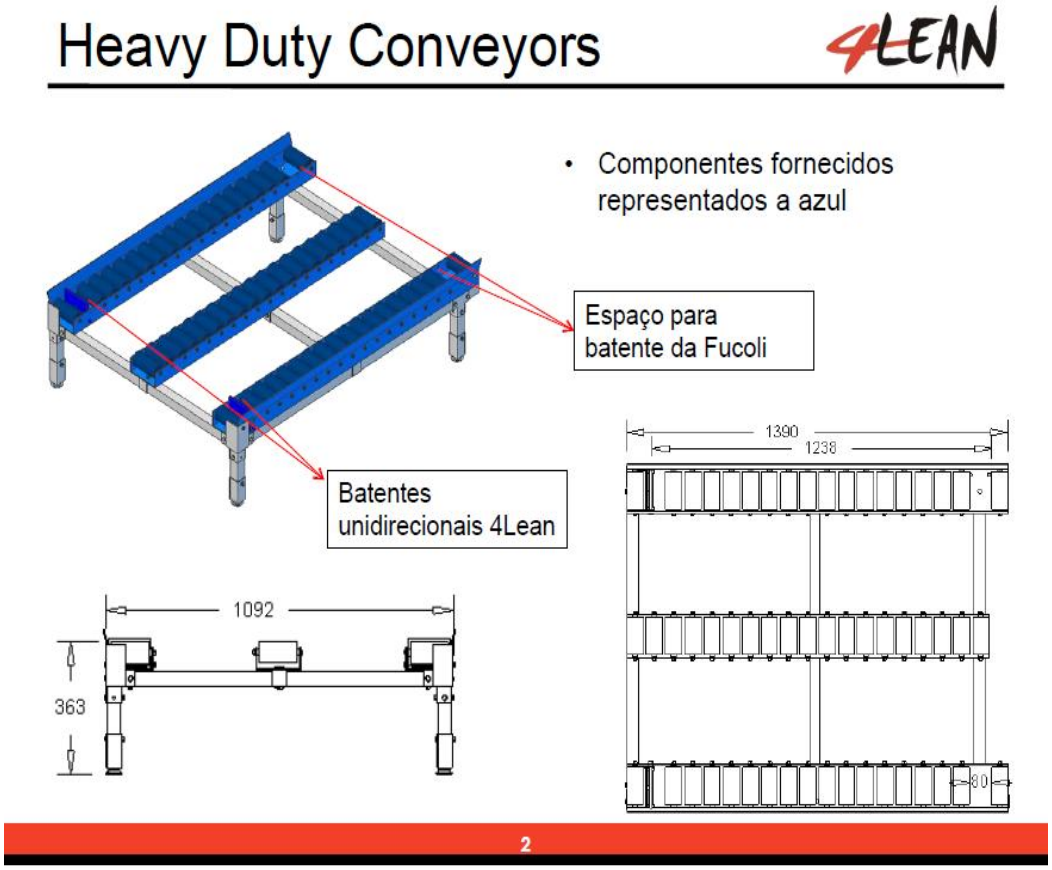
Na primeira fase, a receção, foi passada a informação de que o cliente queria uma linha de embalamento de mercadorias com vagões de determinada dimensão e com um peso de mercadoria estipulado pelo cliente.

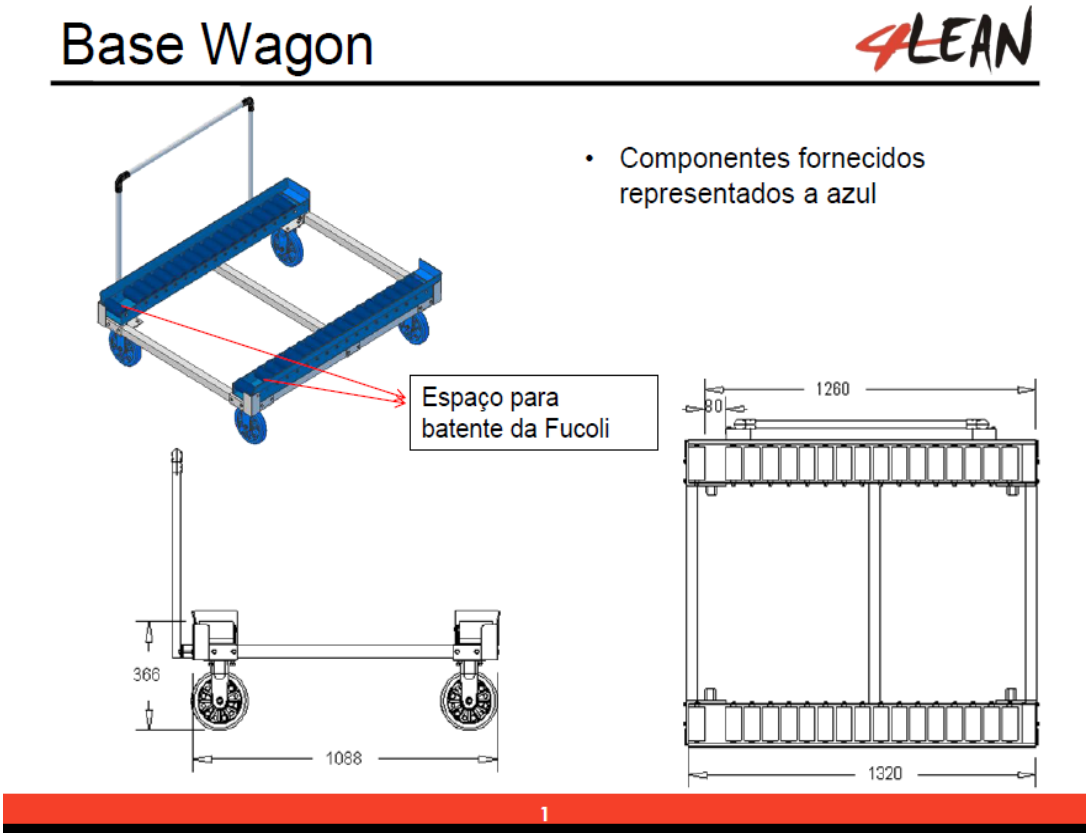
Para além das especificações acima descritas este projeto tinha duas particularidades importantes:

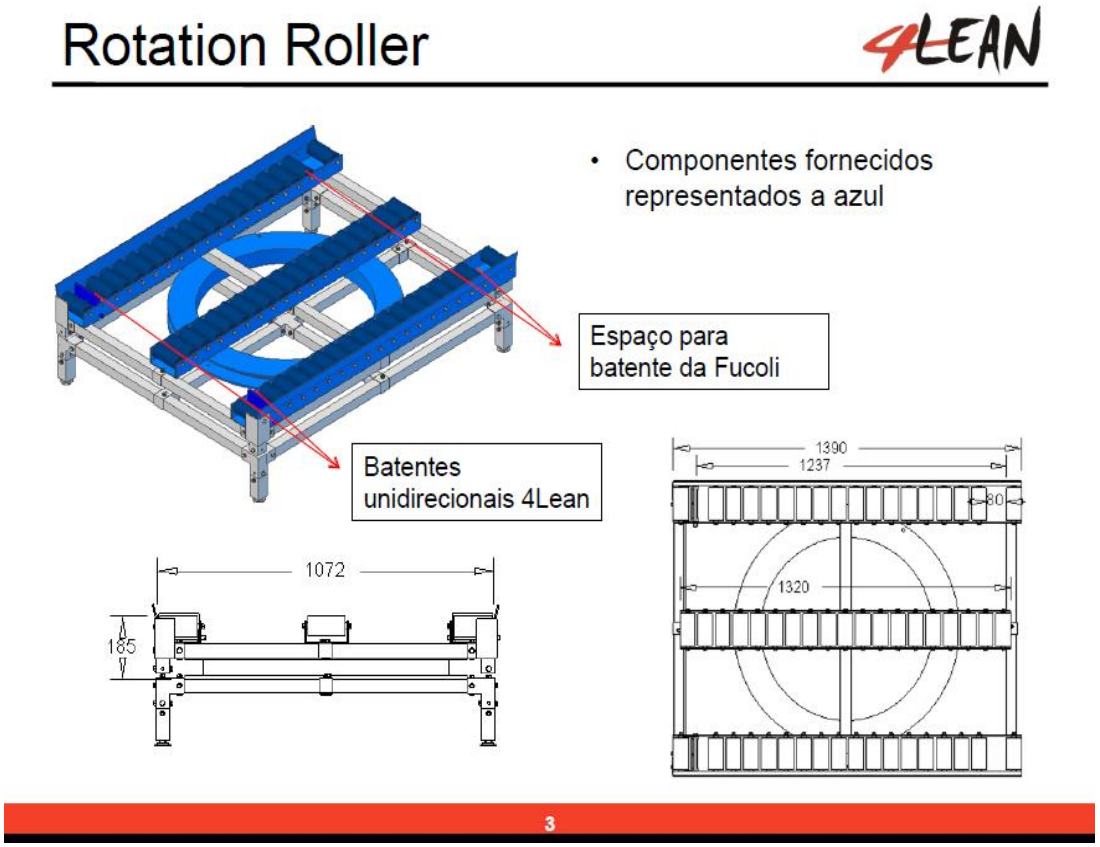
- Um dos vagões teria de rodar trezentos e sessenta graus sem grandes esforços para o operador da linha, logo foi necessário realizar um estudo de mercado de forma a encontrar um componente que ajudasse uma estrutura a realizar esse tipo de trajetória.

- Necessário projetar um novo batente que permitisse a passagem da palete mas que ao mesmo tempo impeça o retorno desta.

Após encontrar o componente ideal para rodar a estrutura trezentos e sessenta graus, assim como projetar o novo batente unidirecional, o passo seguinte foi desenvolver e projetar os vagões com os componentes necessários, recorrendo ao software de desenho. Nas seguintes imagens podemos ver o orçamento, onde se pode analisar o tipo de soluções que constituem esta linha assim como as suas dimensões.




Base Wagon
4LEAN
• Componentes fornecidos representados a azul
Espaço para batente da Fucoli
1260
80
366
1088
1320
1


Rotation Roller
4LEAN
• Componentes fornecidos representados a azul
Espaço para batente da Fucoli
Batentes unidirecionais 4Lean
1390
1237
80
1320
1072
185
3

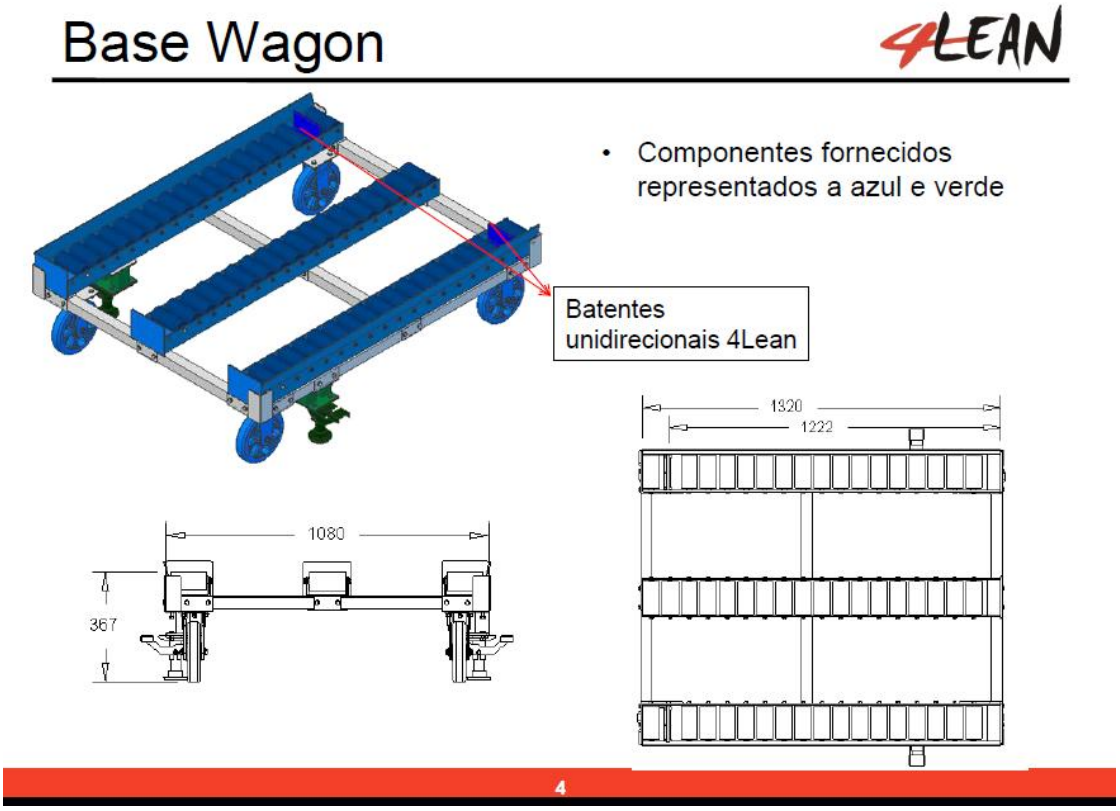
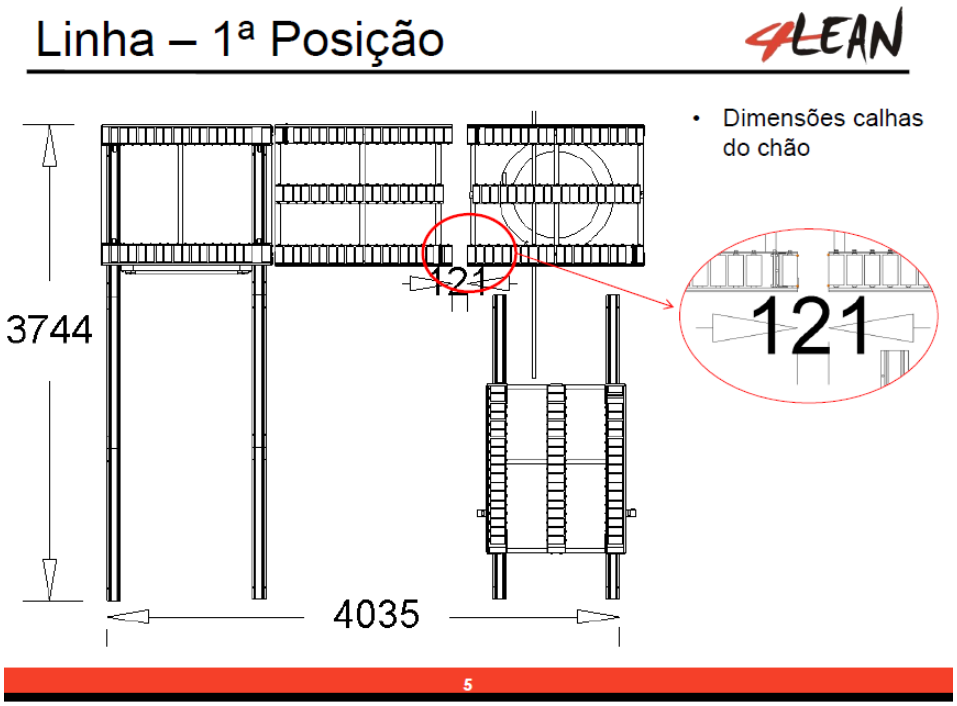


Ilustração 44 - Soluções da Linha

Após realização do desenho em 3D das soluções que iriam ser utilizadas na linha foi necessário construir a linha de forma a analisar qual o posicionamento das soluções anteriormente apresentadas. Esse estudo foi realizado mais uma vez no Geomagic onde se obteve as dimensões da linha.



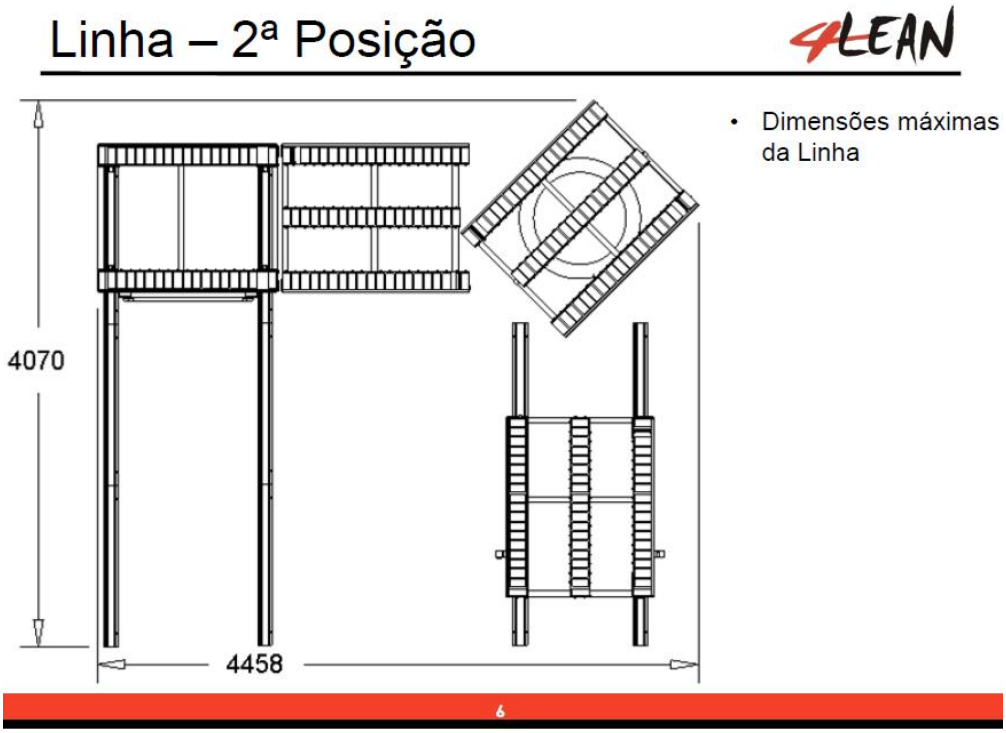


Ilustração 45 - Dimensões da Linha de embalamento

Após a realização desta linha foi necessário exportar a lista total de componentes que constituíam a linha para o Excel e de seguida enviar esse ficheiro com os componentes para o Singest, de forma a obter uma proforma com o preço total dos componentes. Após obtermos a proforma calculou-se o custo de montagem assim como o transporte do material orçado, enviando de seguida a proposta final para o cliente.

De frisar mais uma vez que todo este processo segue um layout padrão da empresa como se viu pelas imagens anteriores.

4.7 Estrutura de montagem 4Lean System Plus

Com o aumento de vendas de sistemas construídos em 4Lean System PLus foi necessário aumentar a produtividade da secção de montagem pois este tipo de montagens não estavam a ter o rendimento esperado.

Ao estudar como eram realizadas as montagens reparou-se que ao se montar os rodízios o trabalhador demorava muito tempo pois a forma de montar e posicionar a estrutura para apertar os parafusos não era a mais correta nem ideal. Neste sentido, optou-se por construir uma estrutura com uma altura ergonómica ideal e que proporcionasse um fácil

acesso ao material necessário para realizar a montagem, assim como permitir que o operador realizasse a montagem na vertical e não na horizontal como acontecia.

Ilustração 46 - Estrutura de montagem 4Lean System Plus

Esta estrutura foi construída em 4Lean System aproveitando o facto de haver pontas de tubo desperdiçadas no corte, que são armazenadas num supermercado de pontas. Para este supermercado vão todas aquelas pontas que não apresentam um tamanho para se considerar sucata.

Normalmente os trabalhadores têm à beira do seu posto de trabalho um sistema de separação de sucata com base no Poke-Yoke. Com este sistema foi possível evitar que restos de tubo com as dimensões mínimas de reutilização fossem colocados na sucata.

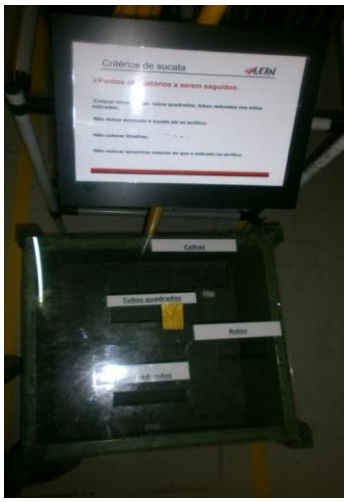


Ilustração 47 - Sucata de tubos

Em suma a estrutura de montagem do 4Lean System Plus veio aumentar a produtividade de montagem em cerca de quarenta por cento assim como aumentou a motivação dos trabalhadores uma vez que a área de trabalho estava mais ergonómica e com fáceis acessos ao material de trabalho.

4.8 Custeio dos componentes com recurso ao Singest

Com o aumento progressivo dos dados do ERP, em que por vezes contém dados obsoletos, foi proposto que se analisasse uma maneira de realizar o custeio dos componentes no Singest com recurso à lista de materiais que se exporta do Geomagic.

Este projeto foi iniciado encontrando-se em stand by até ao momento, contudo em seguida irei explicar a fase inicial deste projeto proposto pela 4Lean.

O primeiro passo e de maneira a organizar o projeto da melhor maneira para mais à frente serem realizadas as montagens necessárias, foram criadas diferentes pastas para dividir as diferentes operações de produção e as diferentes dimensões dos subcomponentes como se vê pela seguinte imagem:

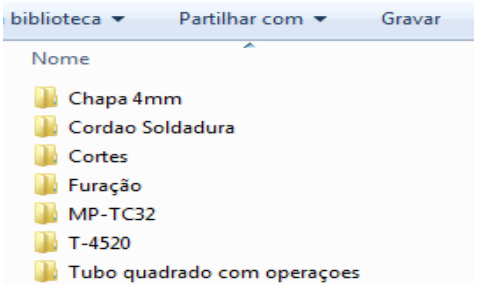


Ilustração 48 - Pasta do Projeto

Após desenhar todos os tipos de operações de produção e de desenhar os diferentes tipos de cordões de soldadura foi necessário desenhar as chapas e os tubos quadrados (T-4520). É importante frisar que para realizar o custeio da matéria-prima dos tubos é necessário que a informação do tamanho dos tubos e da área das chapas esteja presente na listagem de material exportada da assembly do Geomagic.

Para o tubo quadrado foi necessário criar, no Geomagic, uma nova equação, identificada como “Comprimento”, que controla a dimensão do tubo como se vê na imagem 49.

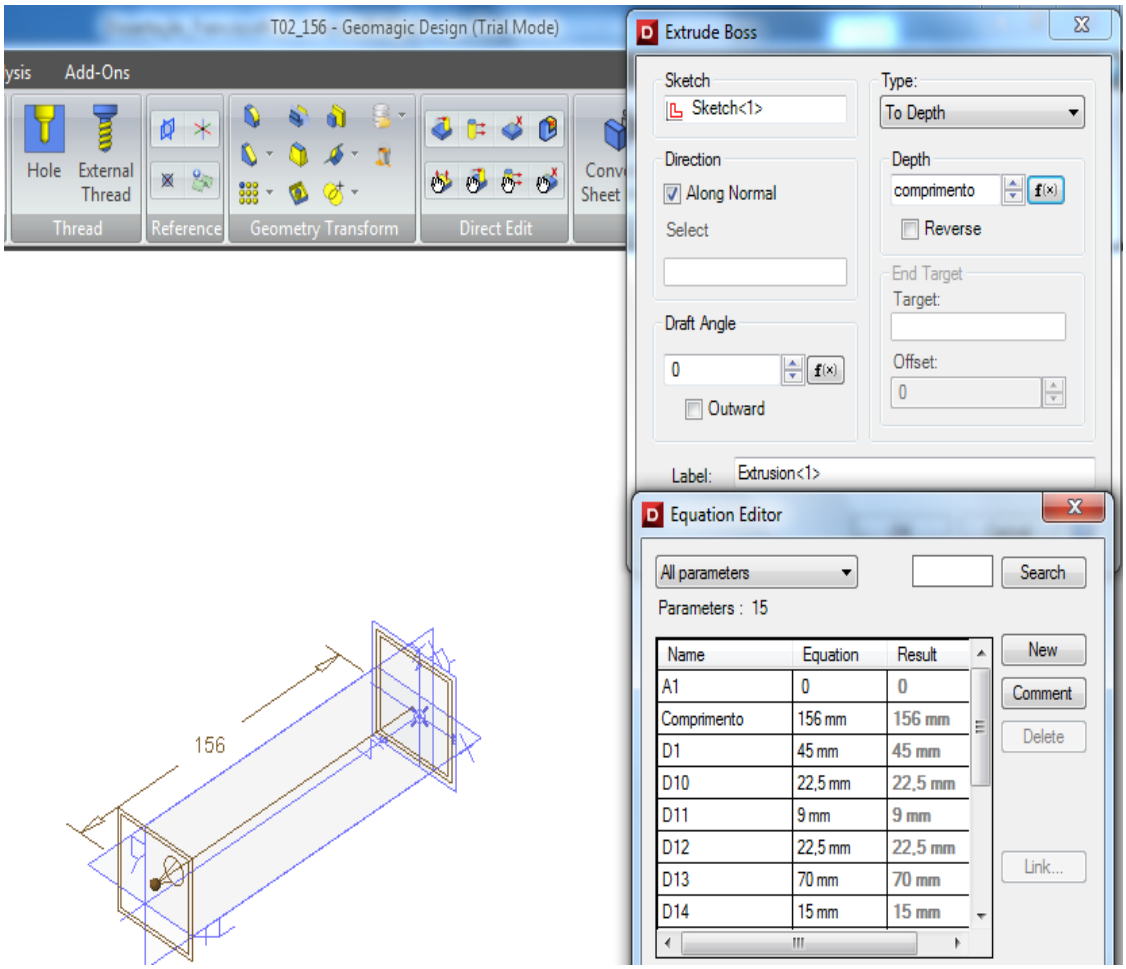


Ilustração 49 - Equação do comprimento do tubo

Nas chapas, como o custeio da matéria-prima é realizado através da sua área, foi necessário criar duas novas equações com o nome de Lado1 e Lado2 (imagem 50). Desta forma obtemos a informação necessária para calcular a área facilmente.

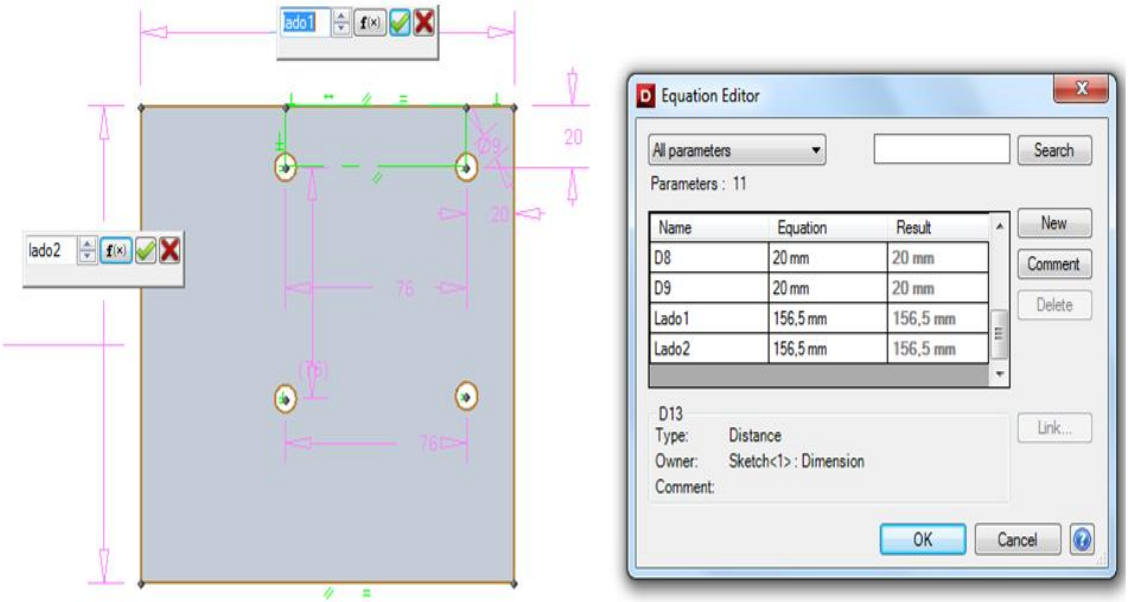


Ilustração 50 - Equações das dimensões das chapas

É de extrema importância referir que o projetista ao desenhar os tubos ou as chapas deve apenas modificar o valor da equação comprimento e Lado1 ou Lado2, respetivamente, obtendo os subcomponentes com as dimensões desejadas.

Após definição destes parâmetros foi necessário criar um novo template para a listagem de material, isto é, a nova lista de material tinha de ter três novas colunas, uma para a informação do comprimento do tubo e mais duas colunas com as informações necessárias para o cálculo da área das chapas.

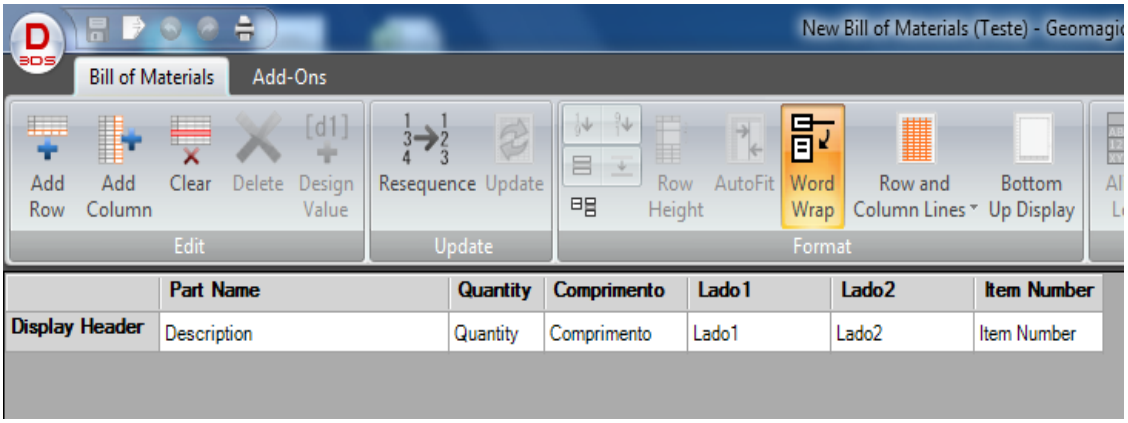
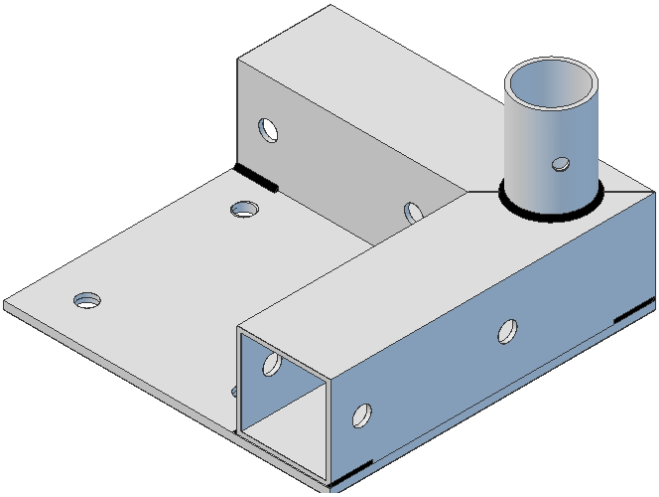


Ilustração 51 - Template da nova Listagem de material

O próximo passo foi criar um assembly de um determinado componente com todas estas novas informações e exportar para o novo template de forma a testar o que já se tinha feito.

A imagem 52 mostra o desenho 3D do componente e a respetiva listagem de material. Como podemos ver pela imagem temos as informações necessárias para o custeio de todo o processo produtivo.



	Part Name	Quantity	Comprimento	Lado1	Lado2	Item Number
Display Header	Description	Quantity	Comprimento	Lado1	Lado2	Item Number
1	SC-A-02 (corte 90)	2				1
2	SM-C-04 (4 furacoes 76mm)	1				2
3	T02_156	2	156			3
4	TCi1_45	1	45			4
5	SM-A-01_156x156	1				5
6	SM-C-04 (duas furacoes 70mm)	4				6
7	EF-A-02 (6mm)	1				7
8	Cordao_circular_32mm	1				8
9	C05_156.5x156.5	1		156,5	156,5	9
10	Cordao sol 20mm	8				10
11	SC-B-01 (corte 45)	2				11

Ilustração 52 - Componente 3D com o novo template da listagem de material

De frisar que tanto as operações de furação como as de corte estão identificadas com os códigos usados na empresa 4Lean, assim como os subcomponentes. Assim sendo, para uma melhor compreensão dos códigos de operações é apresentada a seguinte tabela:

Operação	Equipamento	Código
Corte	Serra circular	SC
	Guilhotina	SM-A
Furação	Puncionadora	SM-C
	Engenho de furar	EF

Tabela 7 - Tabela de Operações de produção

Os restantes códigos dizem respeitos aos respetivos subcomponentes que constituem a peça, nomeadamente códigos para a chapas (C) e para tubos (T).

Com estes dados já era possível custear pelo Singest, contudo novas questões relativamente ao projeto foram coladas, nomeadamente:

1- Como identificar os subcomponentes (chapa e tubo) com o código, das respetivas matérias-primas sem comprometer o código do subcomponente (T02 ou C05), usado na 4Lean. Por exemplo, o tubo usado no anterior componente encontra-se identificado nos códigos dos produtos 4Lean com a seguinte designação, T-4520. Assim como a chapa que é identificada com o seguinte código, MP-B4.

2- Os cordões de soldadura devem ter o mesmo princípio dos tubos, ou seja, deve ser calculado o preço do cordão de soldadura por milímetro. Desta forma o projetista controla o tamanho da soldadura necessário através do desenho, assim como o preço dos cordões da soldadura.

Como foi dito anteriormente este projeto neste momento encontra-se parado devido ao aumento de trabalho na empresa. Porém a finalização deste projeto está planeado na agenda da empresa a médio prazo.

No final do projeto, pretende-se que o custeio dos componentes seja mais fácil e mais rápido permitindo uma melhoria na produtividade na secção dos projetos assim como permitir que haja informação de quanta matéria-prima, chapa ou tubo, se gasta na produção dos componentes ou estruturas da 4Lean. Esta informação é importante para diminuir gastos com a matéria-prima.

4.9 28º BIEMH – Feira Internacional de Bilbao

Durante o meu estágio participei na 28º BIEMH – Feira Bienal Espanhola de Máquinas-Ferramenta que se realizou do dia dois ao dia sete de Junho, no Centro de Exposições de Bilbao (BEC).

Este tipo de feiras é extremamente importante para a 4Lean uma vez que desta forma consegue-se identificar possíveis futuros clientes como permite dar a conhecer que tipo de estruturas constrói assim como mostrar como aplicamos a metodologia Lean. Nesta feira tínhamos um stand totalmente projetado pela empresa 4Lean com várias soluções para aplicação do Lean numa empresa.

Ilustração 53 - Centro de Exposiçao Bilbao (BEC)

5. Conclusões e perspectiva de trabalho futuro

5.1 Conclusões

Considero que com a conclusão do projeto, os principais objetivos propostos foram alcançados na medida em que houve uma melhoria significativa na produtividade do 4Lean System Plus assim como um aumento da panóplia de componentes à disposição dos clientes a rondar os 23%, dos 442 componentes 97 são novos. Projetaram-se e construíram-se novas soluções para clientes, como por exemplo o Rotation Roller, assim como estruturas para uso interno como a estrutura de montagem para o 4Lean System Plus que ajudou a aumentar a produtividade da montagem.

O estágio foi muito enriquecedor a vários níveis permitindo-me um grande desenvolvimento de competências técnicas bem como pessoais, ao enfrentar pela primeira vez a realidade do mundo de trabalho industrial. A realidade da empresa, em que é necessário haver uma certa polivalência foi muito gratificante pois serviu para ganhar conhecimentos tanto a nível de processos produtivos como a nível de logística.

A realização deste estágio permitiu-me também refletir acerca do meu desempenho, dos aspetos a melhorar e do desenvolvimento do pensamento critico-reflexivo.

Contudo, a realização deste relatório por si só não reflete todo o trabalho desenvolvido ao longo do período da Dissertação, bem como todas as experiências e oportunidades encontradas ao longo deste.

Em suma, a realização da dissertação em ambiente empresarial teve um balanço muito positivo com um percurso de aprendizagem muito gratificante, finalizando o estágio/projeto com uma proposta por parte da empresa para continuar a contribuir para o seu crescimento.

5.2 Perspectivas de Trabalho Futuro

Devido à grande carga de trabalho existente na empresa, não foi possível realizar o projeto base que estava estipulado. Um dos projetos deixado em stand by foi o projeto de custeio de componentes com recurso ao Singest. Finalizar este projeto vai permitir que a

empresa controle melhor o gasto das matérias-primas, pois muitas das vezes o material é gasto e não se sabe onde ou como foi gasto.

Outro projeto será a realização de um catálogo interno com todas estruturas construídas em 4Lean System. Este catálogo será construído com o layout padrão de um orçamento contendo o nome da solução assim como os seus desenhos técnicos. Desta forma se um cliente pedir uma determinada estrutura que conste no catálogo, o projetista terá o trabalho facilitado uma vez que pode copiar o layout do anterior orçamento.

Bibliografia

4LEAN. Ferramentas LEAN. *4LEAN.* [Online] 2011. www.4lean.net/cms/.

Campbell , Clarck e Mike Collins. (2010), "*THE ONE-PAGE PROJECT MANAGER FOR EXECUTION*." John Wiley & Sons, Inc.

Drew, J., McCallum, B., & Roggenhofer, S. (2004), "*Jouney To Lean - Making Operational Change Stick*." Great Britain: PALGRAVE MACMILLAN.

Jacobs, F. R., Chase, B. C. , Aquilano, N. J., "Operations and Supply Management", 12º Edição, McGraw-Hill Irwin, Boston

Keyte, B., & Locher, D. (2004), "*The Complete Lean Enterprise - Value Stream Mapping for administrative and office processes"*. New York: Productivity Press.

Liker, J. K., Meier, D. (2006), "*The Toyota Way Fieldbook – A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*",McGraw-Hill, New York

Suzaki, Kiyoshi. (2010), "*Gestão de Operações LEAN." ,* Mansores : leanop PRESS

Womack, James. (2003), "*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*", Frist Free Press Edition, New York

Womack, James, Daniel, Jones , Daniel Roos. (1990), "*The Machine that Changed the World*.", Rawson Associates Maxwell MacMillan International Collier-Macmillan Canada.

Anexo A : Folha de Receção

Projecto _____-_____ 4LEAN

☐ Posto de Trabalho ☐ Comboio Logístico ☐ Logística Externa ☐ Supermercado ☐ Armazém ☐ Gestão Lean ☐ Outros

1. Ideia **Data: __ / __ / __**

1.1 Potenciais Clientes

1.2 Contacto Comercial / Autor da Ideia

1.3 Exigências do cliente (cotas, materiais, etc.)

1.4 Benchmarking (Websites, empresas consultadas, revistas…)

2. Protótipo **Data: __ / __ / __**

2. 1 Testes

2. 2 Resultados

+

↗

1

4LEAN

2.3 Custos

Processo			Bill of Materials		
	Tempo	Custo	Referência	Qtd	Custos

3. Material de divulgação **Data: __ / __ / __**

É necessário?			Resolvido	
Orçamento para cliente	S	N	☐	Preço ☐
Guia de Montagem	S	N	☐	C/C de todos Comerciais ☐
Catálogo do Produto	S	N	☐	
Guia de Soluções	S	N	☐	

4. Produção (Processo e subcontratação) **Data: __ / __ / __**

Instruções ☐ **Desenhos** ☐

4. 1 Stock Mínimo

MTO ☐ **MTS** ☐ **Quantidade Mínima: _____**

5. Validação dos custos e seguimento das vendas **Data: __ / __ / __**

Operações/Fornecimento Ext.	Tempo	Custo

Vendas

1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês	5º Mês

6. Melhorias ao Produto **Data: __ / __ / __**

2

Anexo B : TR- Tecnical Request

Technical Request

4LEAN

Tests Made:
- ;
- ;

Key Account
Application Eng.
Date:
Client:
 # Request: TR#-2013

Fotos:

Code

In application

Price: €

Observations:
-

Next Steps:

1

Anexo C : Novos Componentes

Código Componente	Descrição do componente
C-QUR3	Chapa quinada em U para rolos furos a 70mm
VAG-26	Vagao 1230x830 c/ cruz em cantoneira de 45x5
CI-R3	CI-R2 mais largo para TC-2M
CL-ER3	CL-ER2 para TC-2M
VAG-27	Miniwagon 532x406 em chapa 3mm galv
C-BAT6	Chapa batente de palete quinada
PL-MW	Palete para miniwagons chapa galv
VAG-28	Vagao 1220x820 em cantoneira de 45x5
C-TH21	Porta garrafas para 4Lean System
BR-1DRM	Braço hard reforçado na mola
CT-R3	Componente para TC-2M
CNTT-5	cantoneira 800x50x50x5mm
CL-PR3	CL-PR para TC-2M
C29TC	Chapa de elevaçao com tubo circular
CNTT-6	Cantoneira 800x60x60x6mm
CU-R3	Camto U para TC-2M
C-UM	Chapa União de Módulos
C-QUR4	Chapa quinada em U para rolos com rebordo furação 70mm
C-TH06L	Tool holder 70dx75mm lateral
C-TH07L	Tool holder 50dx75mm lateral
BR-7R	BRAÇO (CORPO) com reformço na mola
VAG-29	Vagão 620x420 guia palete
VAG-30	Vagão 612x412 cruz central conf dia
CL-R	Canto L para suporte de rodizios
CL-R2	Canto L para suporte de rodizios furação especial
BAT-CU	Batente para Calha
AX-S	Axel System
AHND	Adjustable Handle
C-TC	Chapa tubo em T
CL-HT2	Canto T com suporte para TC-2M
VAG31	Vagão 1220x820 cantoneira 50
C-QSD	Chapa quinada suporte direita
C-QSE	Chapa quinada suporte Esquerda
T-A01	Tubo anti-queda quadrado 45x128 mm

C-SUPA	Chapa suporte amortecedor
V-SUPA	Varao suporte amortecedor
VAG-32	Tilt Wagon em Cantoneira
CL-HT3	Canto T com suporte para rodízios mais baixo
C-PGLC	Pega completa comprida
C-PGLM	Pega completa MEDIA
C-PGLM2	Pega completa MEDIA afastada reforçada
CL-PR3D	CL-PR para TC-2M com guia curva
C-TEP	Adaptador PIN para Tow Truck
VAG-33	Mini Wagon 558x418
VAG-34	Mini Wagon 520x820
VAG-35	Mini Wagon 510x810
C-QE	Chapa quinada de elevação
Tall Mini Wagon	Tall Mini wagon teste preço
C-PGL2	Pega soldada 640mm
C-TEP2	Adaptador para Base wagon (Cefla)
PIN-002L	Pin 002 com chapa mais larga
PIN-003L	Pin 003 com chapa mais larga
CT-TP2	Canto T duplo para Tubo
C-TH20	Tool holder para rolo etiquetas
ARM-002L	ARM-002 com furaçao mais larga
ARM-003L	ARM-003 com furaçao mais larga
C-TH06LE	Tool holder 70dx75mm lateral esquerdo
C-TH07LE	Tool holder 50dx75mm lateral esquerdo
ARM-004L	ARM-004 com furação mais larga
C-PGL3	Pega soldada 466mm
C-PGL4	Pega soldada 166mm
VAG-36	Vagão 412x612 Cruz Central Guia Palete antiqueda
C-QE2	Chapa quinada de elevação 248mm
C-TBC2E	Chapa quinada com tubo elevação esquerda
C-TBC2D	Chapa quinada com tubo elevação direita
VAG-37	Vagão 830x630 com adaptação
VAG-38	Vagão 1280x1140
HND5	Tubo dobrado para pega
R-HND	Apoio rebatível para Pega (2 apoios)
HND6	Tubo dobrado para pega
C-PR	Chapa Proteção Rodízios
C-XQ	Chapa Xadrez 3mm quinada
C-EL2m	Chapa elevação 2mm Galv

C-EL3m	Chapa elevação 3mm Galv
CL-EP4E	Canto L com guia de palete redonda angulada esquerda
CL-EP4D	Canto L com guia de palete redonda angulada direita
CN-T	Cantoneira 40 para tubo
CT-ERL2	Canto T elevado rodízios especial
CU-R4	Canto U rodízios especial
CL-HTQ	Chapa quinada elevada TC-2M
PIN-008A	Pino Ø20 ajustável
CT-R4	Canto T rodízio especial
C-X2	Chapa Xadrez 3mm cortada
CT-0	Tubo 45-90
CL-EF	Canto elevado 4 furos face
CI-RHT	Canto I reforçado com altura para TC-2M
CT-R5	Canto T chapa rodízios especial
P-M1	Painel Multishelve Lateral esquerdo
P-M2	Painel Multishelve Lateral direito
P-M3	Painel Multishelve Central
P-M4	Painel Multishelve Entre centros
C-SC	Chapa suporte caixas
T-SF	Tubo suporte e fixação estrutural
C-NB	Chapa Nível Batente
T-GB	Tubo Galvanizado batente
C-N1	Chapa Nível
CT-TR2	Canto T com tubo elevado